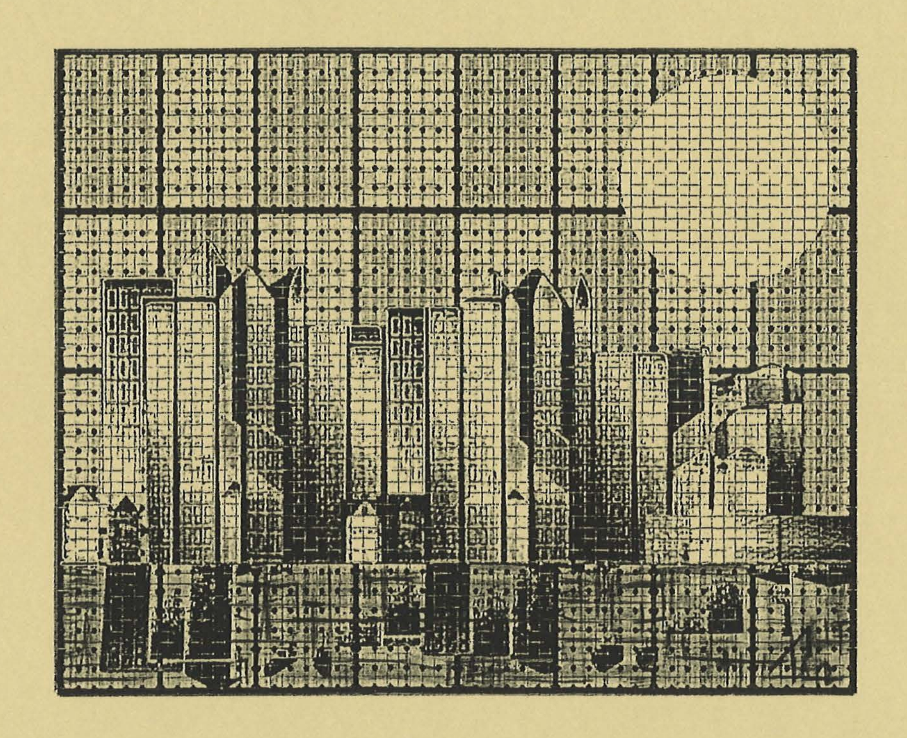
LA CIUDAD SOLAR

por

ESTER HIGUERAS GARCÍA
LUZ ALICIA CÁRDENAS JIRÓN

Coordinadoras local e internacional
proyecto CYTED



**CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE
ARQUITECTURA
DE MADRID***

7-24-09

LA CIUDAD SOLAR

por

ESTER HIGUERAS GARCÍA
LUZ ALICIA CÁRDENAS JIRÓN

Coordinadoras local e internacional
proyecto CYTED

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA
DE LA *ESCUELA DE*
ARQUITECTURA
DE MADRID

7-24-09

CUADERNOS
DEL INSTITUTO
JUAN DE HERRERA

NUMERACIÓN

2 Área
51 Autor
09 Ordinal de cuaderno (del autor)

TEMAS

1 ESTRUCTURAS
2 CONSTRUCCIÓN
3 FÍSICA Y MATEMÁTICAS
4 TEORÍA
5 GEOMETRÍA Y DIBUJO
6 PROYECTOS
7 URBANISMO
8 RESTAURACIÓN
0 VARIOS

La ciudad solar.

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Gestión y portada: Almudena Gil Sancho.
CUADERNO 390.01 / 7-24-09
ISBN-13: 978-84-9728-445-5
Depósito Legal: M-40814-2012

MIEMBROS DE LA RED EPSTU – CYTED

ESTUDIO DEL POTENCIAL SOLAR EN TEJIDOS URBANOS

Dra. Ester Higueras García, Coordinadora local, Universidad Politécnica de Madrid, España

Dra. Luz Alicia Cárdenas Jirón, Coordinadora General, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Dr. Luis Morales Salinas, Miembro de la red, Universidad de Chile, Santiago, Chile

Dr. Jorge-Augusto Arredondo Vera, Miembro de la red, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

Dr. Leonardo Marques Monteiro, Miembro de la red, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil

Prof. Beatriz Garzón, Miembro de la red, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Dr. Celestino Ruivo, Miembro de la red, Universidade de Algarve, Faro, Portugal.

LA CIUDAD SOLAR.

INDICE



Madrid, Noviembre, 2012, Grupo CYTED con el director de la ETSAM, D. Luis Maldonado y el director anterior D. Ricardo Aroca

INTRODUCCION

Entre los objetivos de política pública de España y Chile en materias de investigación se encuentra la creación y el fortalecimiento de redes de investigadores para colaboraciones institucionales entre ambos países. En particular, irradiar hacia iberoamérica iniciativas conducentes a crear vínculos que tengan efectos multiplicadores en la investigación y desarrollo. En virtud de ello, el Programa CYTED Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, de España junto con el Consejo de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT de Chile, financian el desarrollo de estas redes.

La red iberoamericana EPSTU (acrónimo de Estudio del Potencial Solar en Tejidos Urbanos) tiene por objeto generar sinergias entre grupos de investigadores, y como resultado de ello, publicaciones y proyectos, en torno a la energía solar desde una perspectiva urbanística. Para ello, investigadores de la Universidad de Chile proponen la creación de una red para el período 2012 - 2014, conformada por 6 nodos de investigación provenientes de 6 universidades situadas en 6 países iberoamericanos a los cuales les interesa el tema, pues se encuentran actualmente trabajando en esa línea de investigación con diferentes matices y grados de avance. Los matices reconocen aproximaciones escalares que van desde la tipología edificatoria, la estructura predial, la trama vial, el conjunto de manzanas, el barrio; en breve, el tejido urbano. En este continuo espacial, se presentan también visiones disciplinares desde la ingeniería tales como un dispositivo tecnológico en la micro escala (cocina solar) hasta la macroescala (granjas solares). No obstante, lo nuevo es la aproximación disciplinar desde el urbanismo solar que pretender explorar leyes de geometría solar y aplicarlas a la planeación actual para fines pasivos y activos que cumplan simultáneamente tres objetivos: la Eficiencia Energética en las edificaciones, el uso de ERNC en la ciudad y la adaptación al Cambio Climático en el mundo.

La elección de estos nodos no es casual sino que responde a una localización geográfica privilegiada: situarse en el "cinturón del sol" del mundo. Esta posición significa que el territorio recibe una intensidad de radiación solar mayor que el resto del globo, lo cual representa un enorme potencial para desarrollar una energía alternativa, limpia, renovable que pueda ser incorporada con equidad en las ciudades, en estas décadas. Es así como se escogen ciudades del centro norte de Chile (Santiago, 33°lat S), el norte de Argentina (Tucumán, 26°lat S), el Sur este de Brasil (Sao Paulo, 23°lat S), el nor Oeste de México (Mexicali, 32°lat N), el extremo sur de Portugal (Faro, 37°lat N) y el centro de España (Madrid, 40°lat N). La irradiación solar sobre plano horizontal en estas localidades fluctúan entre los 5 kWh/m^2/dia y los 6,5 kWh/m^2/dia, alcanzando estas máximas países como México y Chile.

Los investigadores de esta red pertenecen a las siguientes instituciones académicas: Universidad de Chile (coordinación general), Universidad Autónoma de Baja California, Universidad de Sao Paulo, Universidad Nacional de Tucumán, Universidad do Algarve, Universidad Politécnica de Madrid (coordinación local). Facultades de Arquitectura y Urbanismo, así como Escuelas de Ingeniería componen la base de visiones múltiples disciplinares del Grupo de esta red.

El presente documento corresponde a una presentación preliminar de cada grupo de investigación de los diferentes países involucrados que se reunieron en la ciudad de Madrid, entre el 15 al 20 de Octubre del 2012. Corresponde al primer año de funcionamiento de la red. La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid ETSAM, de la Universidad Politécnica de Madrid acogió las diversas actividades programadas para el Grupo tales como cursos de capacitación, talleres, *workshop* y seminarios. Los seis capítulos de esta publicación son seis transmiten el estado actual general del tema energético y la forma especifica de abordarlo desde la arquitectura, el urbanismo y la ingeniería en cada ciudad, país de los miembros de la red EPSTU.

El capítulo de Higueras presenta las políticas para el uso de energías limpias como la energía solar, disminuyendo las emisiones de gases invernaderos y acuerdos de las diferentes instancias de gobierno en España. Alude al marco político y legislativo de la Unión Europea, referida a reducciones de emisiones y aumentos en la generación de ERNC para el año 2012. Analiza estado de la energía solar en España citando los reales decretos e incentivos económicos para inyectar a la red eléctrica los excedentes en un plan diferenciado de potencias para el año 2010. En otra escala territorial, la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento se rigen por planes energéticos que consideran criterios de Eficiencia Energética y regulaciones para el uso eficiente de la energía y prevención del Cambio Climático. Comenta las bonificaciones para el sector de la Construcción que incluyan energía solar térmica o fotovoltaica. Detalla las ordenanzas solares en municipios españoles y trata de un modo particular el proyecto POLIS y su

aplicación a un plan urbanístico para el caso de Vitoria –Gasteiz en el que se considera el potencial solar urbano.

El capítulo de Cárdenas se inicia con una presentación del marco institucional y las estrategias políticas estatales energéticas en Chile; con un poco más de 10 años, en los cuales se han implementado diversas acciones para diversificar la matriz energética, incorporar criterios energéticos en el marco regulatorio edilicio y generar bases de datos confiables. Expone los incentivos económicos actuales al uso de energías renovables, refiriéndose en particular a la solar térmica y fotovoltaica. Abre la discusión a partir del conocimiento de las transferencias de energía en los espacios urbanos y la importancia de conocerlas para avanzar hacia un urbanismo solar. Critica la promoción energética centrada en edificios y envolventes arquitectónicos por sobre una concepción urbanística. Motivo por el cual justifica investigar empíricamente el entorno urbano morfológico para disponer de fundamentos conducentes a regulaciones y desarrollo sostenible. Finaliza ilustrando con una investigación de un campus universitario en donde se realizaron monitorización y modelaciones computacionales para estimar la potencia solar sobre fachadas, considerando sombras del entorno urbano. La aplicabilidad de los resultados están orientados a una planificación pasiva y activa

El capítulo de Arredondo presenta el uso actual de las energías renovables en México e intentos de su promoción a nivel político, legislativo y en particular, la vivienda de interés social. Señala que las fuentes predominantes de energía son las fósiles e hidroeléctricas, no obstante destaca los esfuerzos de los estados por incentivar el uso de las energías renovables. Mexicali, es una ciudad frontera con Estados Unidos, con clima extremo que alcanza los 50°C, y situado en el "cinturón del sol" con uno de los mas altos índices de radiación solar en el mundo; lo cual está propiciando la instalación de granjas solares en áreas del territorio no urbanizado. Esta ciudad es pionera en el uso de energías renovables de su país, destacando la solar, eólica y geotermia. Discute iniciativas como la ley del *net-metering* en viviendas sociales y el abandono de sus propietarios por temas de seguridad y mantenimiento de los sistemas energéticos solares térmicos y fotovoltaicos.

Finalmente, informa sobre el inicio de investigaciones para determinar el potencial energético de 3 poblados en el Valle de Mexicali conducido por la Universidad Autónoma de Baja California. En ellas estudiar estrategias activas y pasivas solares vía planeamiento.

El capítulo de Monteiro presenta un análisis de propuestas de diseño urbano ambiental para barrios centrales de altas densidades en la ciudad de Sao Paulo, Brasil. La evolución histórica indicaba un abandono de las áreas centrales en el último medio siglo y desplazamiento en extensión hacia la periferia Sur Este y Este, siendo necesaria una política de densificación de las áreas centrales. En este contexto se analizan distintas formas de ocupación urbana para la densificación en el centro, manzana cerrada y tipologías edificatorias de baja altura o bien manzanas abiertas con torres de gran altura. Estas formas urbanas fueron sometidas a una exhaustiva evaluación mediante modelación de parámetros ambientales tales como la calidad del aire, el confort térmico peatonal, el acceso solar y la generación de energía solar. Aporta metodologías para una evaluación de diseño urbano en relación a la calidad ambiental.

El capítulo de Garzón se inicia con un marco metodológico de investigación-participación activa mediante el cual los protagonistas son los actores sobre los que recae el desarrollo, se incorpora a comunidades locales que participan de la construcción de sus viviendas. Presenta estrategias de proyectos en las áreas tecnológicas y de arquitectura bioclimática en viviendas rurales sociales indagando diversas escalas. Desde la escala de la manzana con los efectos de sombras y soleamiento de conjuntos habitacionales, proyectos de vivienda rural de interés social y bioambiental, módulos sanitarios con energías renovables, paneles solares para calentamiento de agua, sistemas tecnológicos para cocción de alimentos a través de cocinas solares parabólicas, secaderos solares, componentes constructivos de captación solar para el acondicionamiento pasivo de edificios. Aborda ejemplos del norte, centro y sur de la Argentina según las clasificaciones del IRAM respecto a las zonas bioambientales. En breve, trata de sistemas pasivos y activos para el acondicionamiento ambiental de los edificios en regiones de Tucumán, Formosa, Santiago del Estero y Jujuy.

El capitulo de Ruivo expone las posibilidades de uso de una cocina solar en medio urbano, explicando didácticamente su importancia para protección ambiental y cambios en los hábitos de la comunidad. Explica como la potencia de los rayos solares incidentes sobre superficies captadoras vidriadas y su conversión en energía térmica es un recurso útil para cocinar alimentos. El beneficio de este dispositivo es evitar la contaminación del aire respecto a los métodos tradicionales de leña, gas o electricidad; junto con la conservación de masa vegetal. Otrora empleada como

combustible en aldeas rurales. Tipologías de cocinas solares tales como parabólicas, de caja y panel son presentadas con sus ventajas y desventajas, siendo apropiadas idealmente en lugares con condiciones climáticas de baja nubosidad y vientos. En el medio urbano, la planificación de ciudades podría comprometer la eficiencia y eficacia de estas cocinas si existen sombras de edificios vecinos. Por contra, existen oportunidades de utilización de modelos de cocinas solares en parques de meriendas situados en las áreas verdes de las ciudades, mostrando interesantes ejemplos en Faro, Portugal.

Finalmente, se agradece el financiamiento otorgado por CYTED-España y CONICYT-Chile, a través de una convocatoria iberoamericana, que ha hecho posible la creación de la red EPSTU, la cual presenta este documento resultante del primer año. Se cree que aportara a las instituciones involucradas, investigación y comunidad de los países.

Madrid, Noviembre 2012
Dra. Luz Alicia Cárdenas J.
Coordinadora General Red EPSTU – CYTED

Ciudades de la red iberoamericana EPSTU localizadas en el cinturón del sol mundial

Fuente: Basado en http://solarinsolation.org/solar-insolation/, modificado por Cárdenas. 2012

LA ENERGIA SOLAR DESDE LA ESCALA URBANA.

Dra. Ester Higueras[1]
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid. España
Email ester.higueras@upm.es

OPORTUNIDAD E INTERÉS DEL TEMA.

Durante muchos millones de años, el clima de la Tierra se ha mantenido a una temperatura media relativamente estable, lo que ha permitido el desarrollo de la vida. Los gases invernadero han conservado su equilibrio gracias, fundamentalmente, a la acción de la lluvia y de los árboles, que regulan las cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera. Sin embargo, en los últimos 50 años, las concentraciones de gases invernadero están creciendo rápidamente como consecuencia de la acción humana. El uso generalizado de los combustibles fósiles, el debilitamiento de la capa de ozono y la destrucción de las masas forestales están favoreciendo el aumento de la temperatura de la Tierra, provocando cambios drásticos en el clima mundial y haciéndolo cada vez más impredecible. Ante esta perspectiva, los gobiernos acordaron en 1997 el Protocolo de Kyoto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC), que marca objetivos legalmente obligatorios para que, durante el periodo 2008-2012,los países industrializados reduzcamos un 5,2 %–sobre los niveles de 1990 – las emisiones de los principales gases de efecto invernadero. El reto de profesionales y administración está en alcanzar esta meta, utilizando energías renovables y fomentando el ahorro energético en todas las escalas. Es aquí donde aparece la potencialidad solar de las ciudades como un nuevo reto y camino hacia una menor contaminación urbana y mas eficiencia en el uso de la energía.

POLITICAS EUROPEAS DE ENERGIA SOLAR

Normativas Europeas.

Desde los últimos años, son numerosos los acuerdos, directivas, legislaciones, etc que se han redactado para lograr un desarrollo más sostenible en las ciudades. Sin embargo, es preciso concretarlos desde la practica del planeamiento, ya que en numerosas ocasiones se tomas decisiones equivocadas, en sentido contrario a los objetivos que se quieren perseguir. La Directiva 2002/91/CE, establece la oportunidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios, cuya trasposición a la legislación nacional, está prevista. En ella, se obligará a que todos los nuevos edificios terciarios o de servicios, con superficie superior a 1.000 metros cuadrados útiles, tengan que realizar estudios de viabilidad para garantizar la eficiencia energética de sus infraestructuras. La Directiva 2001/77/CE, del Parlamento Europeo, establece unos objetivos indicativos nacionales para el 2010 que, en el caso de España, suponen que la electricidad generada con estas fuentes en ese año alcance el 29,4 % del consumo nacional bruto de electricidad.

La Directiva 2003/30/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte, establece unos objetivos indicativos, calculados sobre la base del contenido energético, del 2 % a finales de 2005 y el 5,75 % a finales de 2010, de la gasolina y el gasóleo comercializados con fines de transporte en los respectivos mercados nacionales.

El proyecto europeo PV-UP-SCALE (acrónimo de "*PV in Urban Policies: a Strategic and Comprehensive Approach for Long-term Expansion*" - Energía Solar Fotovoltaica en Políticas Urbanísticas: un Enfoque estratégico e integral para la expansión a largo plazo) contribuyó al conocimiento y difusión de proyectos urbanos de energía solar, destacándose las actuaciones de nuevos planes urbanísticos: *Greater-Lyon ZAC* Satonnay (Francia), *Rungis site* – Paris (Francia), *Barrow waterfront development* (Reino Unido), *Solar Master Plan* de Berlín, barrio solar *en Gelsenkirchen-Bismarck* (Alemania), *Croydon/Merton* (Reino Unido), *Kirklees* (Reino Unido),y el *5 MWp Urban PV-project in the HAL region* (Holanda), Nieuwland 1 MW PV project (Holanda).

También el proyecto POLIS (www.polis-solr.eu) de 2009 a 2012 ha profundizado en estas cuestiones aportando valiosas herramientas de cálculo del potencial solar urbano, resumen de casos prácticos y experiencias exitosas y replicables en otros contextos.

LA ENERGIA SOLAR EN ESPAÑA

La energía solar es una energía limpia, con equipos de fácil instalación y con una vida útil prolongada, que además se integra perfectamente en el ambiente urbano. En la escala urbana se aumentan las posibilidades de captación, almacenamiento y eficiencia de los sistemas solares. La creciente y excesiva dependencia energética exterior de España y la necesidad de preservar el medioambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias. Los sectores transformadores "producción de electricidad " y "refino " tienen una contribución al efecto

[1] Prof. Titular Urbanística y Ordenación del Territorio. ETSAM-UPM. Investigador proyecto POLIS. Miembro proyecto CYTED.

invernadero del 30 % En España . El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, establece la retribución que se percibe por la energía limpia vertida a la red eléctrica como medida compensatoria por evitar los impactos producidos por los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y nuclear. Sin embargo, estos incentivos fiscales son muy coyunturales y están sujetos a nuevos acuerdos o legislaciones que actualmente cambian con frecuencia. El "Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 " (PER), constituye una revisión del anterior PFER, manteniendo el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12 % del consumo total de energía en 2010, además de incorporar los otros dos objetivos indicativos para el 2010; obtener el 29,4 %de generación eléctrica con energías renovables y el 5,75 % de biocarburantes en el transporte.

ENERGIA SOLAR EN LA COMUNIDAD DE MADRID

El sistema de planeamiento en España y sus consideraciones con respecto a la eficiencia energética es un proceso que está jerarquizado desde las escalas estatal y autonómica hasta las locales, pero en realidad no existen planes de gran escala por lo que el planeamiento urbanístico y su eficiencia energética recae en la escala municipal exclusivamente. En este sentido, destacan los planes energéticos de la Comunidad de Madrid y el del Ayuntamiento de Madrid, cuyos objetivos y estrategias se enumeran a continuación:

1°.- *Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012.* Aprobado recientemente, lo gestiona el Órgano de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid, dependiente de la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Tiene como objetivos duplicar en 2012 la energía generada mediante energías renovables y minimizar el CO_2 en un 10% desde el valor actual de referencia

2° *El Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid.* El consumo de energía en el municipio de Madrid se centra principalmente en la energía eléctrica, combustibles derivados del petróleo y gas natural. Además de éstos, y en mucha menor medida, se encuentran el carbón y las energías renovables: biogás, residuos urbanos y solar térmica. La energía solar supone únicamente 0,3% del total de la energía primaria que se aprovecha en Madrid, y el 0,01% de la que se consume, con datos de 2010. Actualmente, *la Ordenanza Reguladora del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras* establece una bonificación del 30% sobre las construcciones, instalaciones u obras con instalación de sistemas para el aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar para autoconsumo. Estas bonificaciones ascienden al 95% en el caso de construcciones de uso residencial. Los datos de las licencias de la Ordenanza de Captación de Energía Solar Térmica son de 424 (hasta 2005), y su incremento será notable en los próximos años por su obligatoriedad legal.

PLANIFICACION SOLAR DESDE LA ESCALA URBANÍSTICA

La escala local, se ha vislumbrado como una de las adecuadas para materializar los criterios en ahorros, y ya son numerosos los municipios que han articulado sus propuestas, de muy diversas maneras (códigos, ordenanzas, buenas prácticas, planes de acción, etc.). Los arquitectos y urbanistas, necesitan referencias de buen diseño para conseguir que la ciudad sea más sostenible. Las normativas obligatorias estatales, autonómicas y locales, cada vez más numerosas, persiguen los objetivos de lograr una mayor eficiencia en las construcciones, minimizar los impactos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Visión critica de las Ordenanzas solares

Las Ordenanzas solares son las normas municipales legislativas que aplican los ayuntamientos para instaurar el fomento de las energías renovables. En su mayor parte obligan a la colocación de paneles solares térmicos para la obtención de agua caliente sanitaria en los edificios de nueva planta y en aquellas rehabilitaciones de gran envergadura con una reestructuración integral del inmueble. Son bastantes semejantes unas de otras y están disponibles en la red (www.soliclima.es). Sus principales desventajas son:

1.- No están relacionadas con otras ordenanzas o normativas, y suelen ser autónomas y por tanto a veces caen en incompatibilidades graves que pueden hacerlas inviables

2.- Se centran exclusivamente en la energía solar térmica, pocas abordan la fotovoltaica, ni siquiera recomendaciones, o en edificios públicos, o en el medio plazo., etc. Seria muy conveniente empezar considerando las soluciones bioclimaticas o pasivas primero para reducir la demanda, a las que luego se sumen las activas (de energías renovables).

3.- Su localización en inmuebles tiende casi siempre a la integración de las placas solares en la pendiente de la cubierta, siendo esta solución arriesgada para su mantenimiento periódico (sobre todo en el invierno).

Además está el problema de su colocación en entornos histórico-artísticos que casi siempre quedan excluidos de su cumplimiento. Faltan soluciones alternativas en fachadas interiores, como sombreado de huecos, como pasarelas, etc, en brise-soleils, en vidrios, etc .

4.- Se convierten en la única solución posible para la cubierta o azotea de inmueble, quedan excluidas, cubiertas verdes o aljibe, que también pueden ser muy convenientes con otras ventajas complementarias que deberían sopesarse.

5.- No se considera la sombra arrojada de los paneles sobre las edificaciones próximas o colindantes. Esta circunstancia hace que se puedan ver muy perjudicados los edificios de alrededor ante la colocación de unas placas solares en la azotea de un inmueble. Ninguna ordenanza establece una servidumbre de sol, o derecho al sol de los edificios colindantes, o una envolvente máxima para su colocación.

En resumen, son documentos técnicos exclusivamente preocupados por estas nuevas tecnologías y que no tienen en cuenta la morfología o tipología edificatoria donde se van a colocar, o el entorno urbano y sus condicionantes. La solución pasaría por integrar su contenido en los Planes Generales de Ordenación Urbana, con una visión global y del entorno

El proyecto POLIS y sus acciones piloto sobre Vitoria-Gasteiz

Para posibilitar el aprovechamiento solar de una ciudad, es preciso contar con unos requisitos mínimos que deberán ser incorporados en la legislación urbanística. Pero es en la ciudad consolidada donde este objetivo se vislumbra con un mayor alcance, donde la incentivación de las energías renovables desde la escala urbanística puede ser verdaderamente eficaz, para alcanzar la ciudad eficiente, limpia y poco contaminante. El conocimiento detallado de la tipología edificatoria y de sus condiciones estructurales y constructivas, es a su vez esencial para determinar el potencial solar de la ciudad existente. El Proyecto POLIS-IE 2009-2012, ha profundizado en este conocimiento. [2]



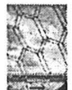


Fig. 1. Pagina de difusión de POLIS: www.polis-solar.eu, donde aparecen los instrumentos, resultados y manuales de apoyo para calcular el potencial solar urbano, con ejemplos de varias ciudades europeas.

A través de la cooperación entre numerosas ciudades comprometidas con el urbanismo solar, se han establecido buenas prácticas, manuales e instrumentos para el calculo de la potencialidad solar de una ciudad completa.

En este sentido se han elaborado tres acciones Piloto para conocer las potencialidades de las cubiertas de la ciudad de Vitoria-Gasteiz (España), en el marco del proyecto POLIS, en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (Instituto de Energía Solar-UPM y Grupo ABIO-UPM) [3]. Las Acciones Piloto, consisten en la identificación del potencial solar urbano de la ciudad de Vitoria-Gasteiz a través de nuevas metodologías compatibles con los requisitos nacionales (Código Técnico de la Edificación) y locales relacionados con el uso de la energía solar, los compromisos firmados contra el Cambio Climático urbano y los recursos del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

[2] POLIS-Intelligent Energy – Europe (IEE) *Identification and mobilization of solar potentials via local strategies.* (IEE/08/603/SI2.529237) Coordinator name: Ecofys Germany GmbH. Participantes: Ecofys Germany GmbH, Climate Alliance , Universidad Politécnica de Madrid, Agence Locale de l'Energie de l'agglomération lyonnaise, Agência Municipal de Energia - Ambiente de Lisboa, Lund University, City of Muenchen, City of Vitoria-Gasteiz, Atelier Parisien d'Urbanisme, City of Paris, Skåne Energy Agency (Solar City Malmö), y Hespul France

[3] Director proyecto UPM, Javier Neila. Instituto de Energía Solar, coordinadora Estefanía Caamaño y Grupo ABIO-UPM, coordinadora Ester Higueras. Investigadores de POLIS, los doctorandos Nacho Useros, Fiorella Tortora, Joly Herrera, Daniel Masá y Susaña Díaz-Palacios.

El trabajó comenzó con la acción Piloto 1 que calculó el potencial solar del barrio residencial de Lakua de 375 Ha de superficie y situado al norte de la ciudad. Posteriormente la acción Piloto 2, lo hizo sobre el polígono industrial de Jundiz de 710 Ha de superficie y situado al oriente del caso. Finalmente la Acción Piloto 3, mediante una metodología simplificada de las anteriores estableció el potencial solar de todas las cubiertas y azoteas de la ciudad completa.



Figura 2: Foto aérea de la ciudad de Vitoria-Gasteiz, con los tramados según tipologías urbanas; en oscuros los usos residenciales y en claro el industrial.

Para conocer este potencial, es preciso empezar por calcular la Radiación Solar Global Anual incidente sobre las cubiertas, para ello se ha utilizado la herramienta Área de Radiación Solar de ArcGis 10 considerándose los siguientes parámetros de calibración aportados por el Instituto de Energía Solar de la UPM:

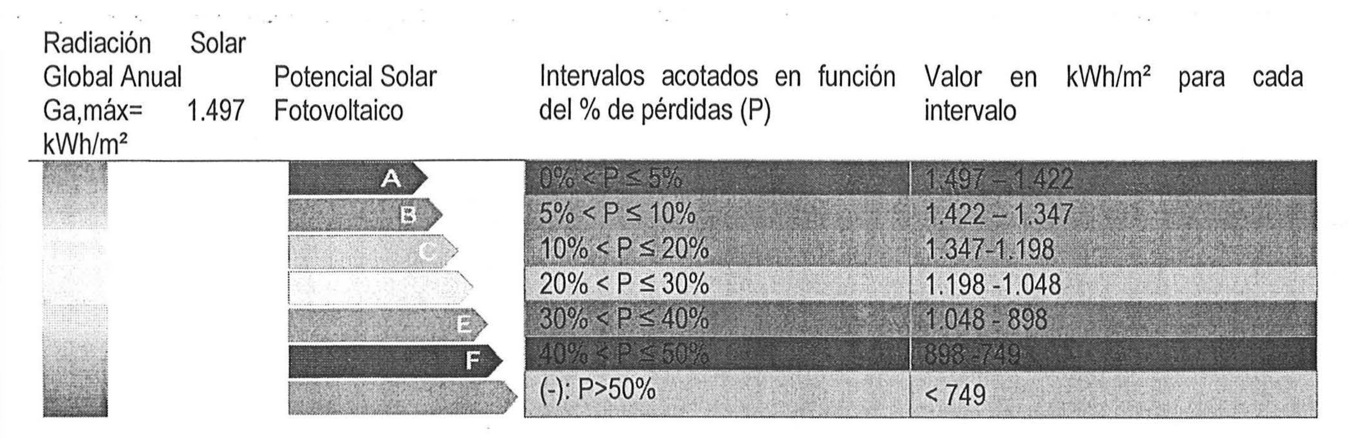
- Período de Medición: Anual
- Intervalo diario: 14 días
- Intervalo horario: 1 hora
- Parámetros Topográficos:

Factor z: 1
Pendiente y orientación del tipo de entrada: Basado en Modelo de Elevaciones (DEM) utilizado
Número de direcciones consideradas en el cálculo de obstáculos solares: 32 (Al tratarse de una topografía compleja)

- Divisiones del cénit: 8
- Divisiones del acimut: 8
- Tipo de Modelo Difuso: "Standard Overcast Sky"
- Proporción de Radiación Difusa media anual: 0,57
- Transmitividad: 0,41

El Ráster obtenido representa para cada pixel, el valor de la Radiación Solar Global Anual incidente sobre la totalidad de la ciudad de Vitoria - Gasteiz en Wh/m², por lo que se ha realizado su conversión a kWh/m² a través de la herramienta de ArcGis Calculadora Ráster.

El Potencial Solar Fotovoltaico viene dado por una clasificación en 7 intervalos, acotados por límites específicos de las pérdidas de radiación solar anual incidente en las cubiertas respecto del valor máximo correspondiente a una superficie óptima. Esta clasificación, ya utilizada en las Acciones Piloto 1 y 2, es similar a la empleada en la certificación energética de edificios, electrodomésticos, etc. para que de esta forma sea fácilmente comprensible por la ciudadanía en general.
Se pudo verificar lo adecuado de los resultados de la Accion Piloto 3, con los de las Acciones 1 y 2 calculadas previamente, mediante una metodologia de gran detalle.



Radiación Solar Global Anual Ga,máx= 1.497 kWh/m²	Potencial Solar Fotovoltaico	Intervalos acotados en función del % de pérdidas (P)	Valor en kWh/m² para cada intervalo
	A	0% < P ≤ 5%	1.497 – 1.422
	B	5% < P ≤ 10%	1.422 – 1.347
	C	10% < P ≤ 20%	1.347-1.198
		20% < P ≤ 30%	1.198 -1.048
	E	30% < P ≤ 40%	1.048 - 898
	F	40% < P ≤ 50%	898-749
		(-): P>50%	< 749

Fig 3. Cuadro que relaciona la radiacion solar global anual de la localidad de Vitoria-Gasteiz con la escala de siete intervalos del potencial fotovoltaico establecida a partir de las pérdidas máximas admisibles en cada intervalos. La última columna muestra el valor de radiacion de cada uno de los intervalos de la escala.

Una vez obtenidos tanto el Potencial Solar Fotovoltaico como la Energía Bruta generable se ha procedido a identificar posibles condicionantes urbanos y arquitectónicos existentes que pudieran limitar la ubicación de instalaciones fotovoltaicas a corto plazo, independientemente de su calificación solar. [4]

Los condicionantes considerados han sido tres:

1) Condicionantes Estructurales: Se ha considerado que los edificios con fecha de construcción anterior a 1962 no son aptos para la incorporación de instalaciones fotovoltaicas. Este criterio de exclusión se basa en que estas edificaciones no se encontraban afectadas por una normativa estructural en el momento de su construcción. Por tanto estas edificaciones requerirían un estudio pormenorizado para evaluar su capacidad portante y colocar refuerzos si fuera necesario.

2) Condicionantes Superficiales: Se han considerado los elementos de cubierta con una superficie inferior a los 15 m² como no aptos para la incorporación de instalaciones fotovoltaicas. El motivo de exclusión se basa en que los inversores comerciales más pequeños del mercado estarían asociados a una superficie mínima de 15 m² y, además, se requiere una servidumbre mínima de paso para realizar operaciones de mantenimiento y limpieza.

3) Condicionantes Patrimoniales: Se han considerado como no aptos para la incorporación de instalaciones fotovoltaicas, la totalidad de los edificios que se encuentran catalogados en el PGOU actualmente vigente así como los edificios adyacentes a los mismos.

Los resultados obtenidos se han representado gráficamente en 345 planos a escala 1:500 acompañados de un mapa guía para facilitar el proceso de búsqueda. Cada plano presenta una leyenda en el extremo superior derecho y en la parte inferior derecha que facilita su nombre y ubicación relativa en el mapa llave. La representación gráfica, de forma rectangular, se encuentra georreferenciada con sus correspondientes coordenadas UTM, de acuerdo con el sistema de georreferenciación ETRS 89, Huso 30. La totalidad de los elementos de cubierta, se encuentran coloreados de acuerdo a la clase de Potencial Solar Fotovoltaico que posean. Los condicionantes se superpone al sombreado del Potencial Solar Fotovoltaico acompañándola con los iconos de cada categoría (por estructura, superficie o patrimonio). En el supuesto de que en la ciudad de Vitoria-Gasteiz, se instalaran en todas sus cubiertas los paneles solares con unas características técnicas específicas, se estima que se podría obtener un balance de energía solar superior al 50% del consumo eléctrico de la ciudad de Vitoria – Gasteiz con los datos de consumo de 2008.

[4] El plano solar está realizado con una metodología SIG de forma que será factible introducir nuevos datos a lo largo del tiempo.

Resultado : Plano del potencial solar de Vitoria-Gasteiz

Fig 4. Plano resultante de la Acción Piloto 3, de POLIS sobre Vitoria-Gasteiz, con la escala de colores del potencial solar de todas las cubiertas de la ciudad. Plano 14, con la nueva Catedral de Santa Maria a la derecha de plano. En la cartela aparecen los iconos de exclusión definidos anteriormente (triangulo, circulo y cuadrado).

Los resultados de la Acción Piloto 3 son extraordinariamente relevantes, ya que demuestran que es posible la generación de energía solar en la ciudad con resultados de autoabastecimiento muy significativos, que además conllevan una reducción en la contaminación ambiental urbana y se muestran como una clara línea de acción para la planificación futura, y desde luego para mejorar la sostenibilidad urbana, muy lejos de las disfuncionalidades que traen los huertos solares en mitad del campo, con nuevos problemas añadidos. La metodología presentada, ha supuesto a su vez un gran avance con respecto a otros planes solares anteriores, que no detallaban los elementos arquitectónicos con este nivel de detalle y no eran capaces de matizar condicionantes pormenorizados estructurales, patrimoniales o de superficie mínima. Esta caracterización ayudará a las fases de implantación de los paneles según se vaya resolviendo estos condicionantes; por tanto no son zonas descartadas sino zonas aplazadas temporalmente en la instalación de paneles en cubierta.

Además el plano resultante, corrobora la relación directa entre la diferencia de potencialidad solar según las diferentes tipologías edificatorias, factor que debe ser tenido en cuenta para el diseño de nuevas áreas residenciales, o para la rehabilitación de la ciudad consolidada.

Y por último, aparece como un gran espacio de oportunidad el uso productivo-industrial, ya que además de suponer cuantitativamente grandes extensiones superficiales, su gestión se presupone mas directa y rentable para generar un nuevo uso en las cubiertas de las naves, como es la generación de energía solar no contaminante, que puede ser gestionada por las autoridades locales para usos generales urbanos (alumbrado publico, motores, bombas de abastecimiento, etc), que sin duda redundará también en el beneficio de sus propietarios. Lejos quedan las huertas-solares, generadoras de grandes impactos paisajísticos, y que con estos datos se presentan mas como problema que como solución al problema de la generación de energía no contaminante. La energía solar debe generarse allí donde su consumo es mayor, como es la ciudad, y de esta forma el futuro aparece mas eficiente que otras soluciones de etapas anteriores.

Sirva este estudio en Vitoria-Gasteiz, como incentivo y motor, para que en el siglo XXI, se pueda hablar con rigor de la ciudad solar, que reduce su demanda energética con técnicas de acondicionamiento activo y pasivo, y además es capaz de generar energía para su autoabastecimiento en un porcentaje significativo, como ha quedado demostrado.

PERSPECTIVAS DEL POTENCIAL DE ENERGIA EN CHILE DESDE EL URBANISMO SOLAR.

Dra. Luz Alicia Cárdenas Jirón [5].
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Email lcardena@uchile.cl

El marco político - institucional de la Energía en Chile. En Chile, en la última década se han establecido gradualmente organismos tendientes a administrar la matriz energética desde el aparato estatal ; es así como la Comisión Nacional de Energía creada 1978, dependiente del ministerio de Minería inicialmente y luego del Ministerio de Economía, crea el Programa País Eficiencia Energética PPEE en 2005, la Agencia Chilena de Eficiencia Energética AChEE en 2009, y finalmente el Ministerio de la Energía en 2010 con lineamientos estratégicos conducentes al desarrollo sustentable.

PPEE se origina con el fin de establecer las bases institucionales y el marco regulatorio en la Eficiencia Energética posicionando el tema culturalmente en la sociedad y técnicamente en el sector productivo. Es un programa de carácter público-privado que surge como respuesta a una exigencia de la OECD al momento de la postulación chilena como miembro de la misma. (1) En un periodo de cuatro años se revisaron las barreras técnicas, institucionales y financieras actuando en consecuencia a través de inversión en recursos humanos, capacitaciones, asesorías técnicas a la industria, el comercio, fortalecimiento de mercado de servicios y tecnologías. El Programa representó una institucionalidad transitoria hacia una de mayor alcance como fue la creación de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Este organismo es privado y tiene como objetivo articular los distintos actores relevantes en el consumo energético para reducirlo, vía asesoramiento técnico, especialmente al sector productivo para su competitividad y acercamiento al desarrollo sustentable.

Con la creación del Ministerio de la Energía se aborda de modo integral las políticas aplicables al territorio nacional, tiene una función principalmente reguladora dejando al sector privado la ejecución de las inversiones. El organigrama organiza dos unidades administrativas básicas: la Asociación Chilena de Eficiencia Energética, AChEE y el Centro de Energías Renovables, CER. El primero orientado a la implementación de la Eficiencia Energética (ahorro) a través de marco regulatorio; mientras que el segundo esta orientado a la generación de fuentes de energía renovables (demanda) y vinculado al sector productivo mediante la corporación de fomento, CORFO. Entre los lineamientos políticos se considera las siguientes prioridades:

1. Diversificar la matriz energética,
2. Incrementar la participación de las ERNC en dicha matriz,
3. La seguridad de abastecimiento y duplicación de la capacidad instalada de la matriz,
4. Promover el ahorro energético mediante la Eficiencia Energética
5. Incentivos en el mercado mediante certificaciones y etiquetado energético;
6. Controles en la co-generación de energía eléctrica.

Actualmente la matriz energética se distribuye en un 31,8 % de la hidroeléctrica, un 47,8% de petróleo/gas, un 17% carbón y tan solo 3,4% proviene de las energías renovables no convencionales. ERNC. La meta para el año 2020 es alcanzar una provisión del 20% de estas últimas para lo cual se trabaja en reducir las barreras técnicas y de mercado a estas energías alternativas. En años recientes la crisis del gas natural proveniente de Argentina, quien suprimió el abastecimiento temporal a Chile, modificó la estrategia política chilena para asegurar el abastecimiento nacional mediante otras fuentes energéticas.

Asimismo, se espera duplicar la capacidad instalada al 2020 para responder a dos supuestas tendencias: i) continuar con un crecimiento económico del 6% en el país, y ii) el acoplamiento del PIB con el crecimiento de demanda energética. Cobra prioridad la necesidad de proveer principalmente energía eléctrica vía ERNC y centrales hidro para las actividades productivas primarias, secundarias y terciarias. Por otro lado, se elaboran medidas de Eficiencia Energética centradas en la construcción de viviendas, los artefactos, y el transporte, lo que conlleva a las certificaciones en el sector edilicio, electrodomésticos, y vehículos. El uso inteligente de energía mediante el Net-Metering o balance neto es otra medida de política pública, aprobada con fuerza de ley el año 2012. Se espera que los escenarios futuros de Cambio Climático puedan ser enfrentados adecuadamente con las medidas recién mencionadas en materias energéticas.

---

[5] Arquitecto. Departamento de Urbanismo. Profesora Curso Ciudades Sustentables. (pregrado) Curso: Evaluación Impacto Ambiental (post-grado). Directora de la Dirección de Investigación y Desarrollo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Miembro red EPSTU-CYTED (coordinación general)

De lo anterior se observa que el tratamiento de la energía desde la perspectiva de desarrollo sostenible es muy reciente, apenas una década de historia; sin embargo, los planes, programas y políticas demuestran un rápido desarrollo en dicho período

LA ENERGÍA SOLAR EN EL TERRITORIO CHILENO E INCENTIVOS A SU PROMOCIÓN

La evaluación del recurso solar en el territorio nacional es una condición fundamental para proyectar inversiones e intensificar el uso de este recurso .Por ello, el departamento de Geofísica de la Universidad de Chile ha desarrollado una investigación que abarca todo Chile y tiene por objeto conocer de modo confiable el potencial solar que incide sobre la superficie terrestre. El proyecto contiene una herramienta de análisis de la radiación solar global sobre plano horizontal denominada Explorador Solar (2) que corresponde a un promedio entre 2004 al 2011. Adicionalmente, entrega en forma pública y gratuita información confiable cartográfica, e informes sobre parámetros climáticos en cada porción de territorio con una resolución espacial de 1 km. Información que proviene de estaciones meteorológicas, satélite GOES East y modelos de nubosidad. Figura 1.



Figura 1. Ejemplo del portal de la herramienta "Explorador de Energía solar", elaborada por la Universidad de Chile. Fuente: http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/

Incentivos económicos para la colocación de sistemas solares térmicos en vivienda existen en Chile tales como las franquicias tributarias por un periodo de años, inicialmente el quinquenio entre 2009 – 2013, pero se ha extendido por otro periodo mayor. Esta franquicia otorga a la empresa constructora el derecho a deducir del impuesto a la renta, un monto equivalente al costo del sistema solar térmico e instalación en una vivienda nueva construida por la empresa, variando en función del costo del inmueble. Tres rangos han sido definidos, si la vivienda tiene un valor de mercado inferior a los 73.000 euros obtiene subsidio del 100% ; si la vivienda esta entre 73.000 euros y 110.000 euros, alcanza un 40% y si la vivienda tiene un valor superior a los 146.000 euros alcanza solo un 20% del costo del sistema más la instalación.

El sistema solar térmico deberá cubrir al menos un 30% de la demanda anual de agua caliente sanitaria y tiene límites de superficie solar de colectores como también de la franquicia máxima. Es un sistema que subsidia a la oferta. (3)

Se estima ahorros de hasta un 80% del consumo energético reflejado en las facturas de gas para agua caliente sanitaria. Dados los valores de la vivienda y su relación con el costo de una instalación térmica solar (alrededor de unos 2000 euros), mucho menor, la franquicia no produce verdaderamente un incentivo a su instalación desde la perspectiva del usuario de la vivienda. No obstante, a la empresa constructora parece beneficiarle.

Incentivos económicos para sistemas solares fotovoltaicos están comenzando el 2012 a través de la Ley Net- Metering. Ley 20.571. Esta Ley fija las tarifas de la electricidad producida por generadoras residenciales a partir de sistemas de energía solar fotovoltaica (ERNC), siempre que corresponda a un excedente de electricidad para su propio consumo. Así, el usuario de la vivienda tiene derecho a inyectar este excedente de flujo a la red de distribución distrital a la cual pertenece con un valor equivalente al mismo precio kWh que la empresa lo vende y fijando un máximo de capacidad instalada de 100 kWh por cada unidad de vivienda. Este valor excedente se descuenta de la facturación en el mismo mes en el cual se inyectó la energía. Cabe mencionar que actualmente el valor kWh provisto por la red de distribución convencional alcanza 0,15 euros kWh. La aplicación de este incentivo se encuentra en una etapa inicial y requiere aún de madurez para el desarrollo de tecnologías, fiscalización, protocolos de instalaciones, marcha blanca en operación y mantención de los sistemas. Sin embargo, abre perspectivas a la industria nacional, al comercio, y posiblemente induzca cambios culturales para intensificar el uso de la energía solar fotovoltaica desde una pequeña escala, la unidad habitacional de vivienda unifamiliar o colectiva. Implicancias en la arquitectura y el urbanismo son significativas para estudiar tipologías edificatorias apropiadas a la máxima captación solar mediante superficies del envolvente arquitectónico. Una visión complementaria fundamental aún no explorada son las consecuencias a escala urbanística, cuyo estudio y regulación aún no comienza, particularmente en la forma urbana construida.

URBANISMO SOLAR EN EL MARCO REGULATORIO EDILICIO.

La forma urbana como espacio habitable debe leerse desde la tridimensionalidad para acercarse a la realidad y entender la geometría solar y su incidencia sobre la arquitectura y el paisaje. La energía solar que alcanza la superficie de la tierra es absorbida en la ciudad por los edificios, coberturas superficiales, techumbres, vegetación para posteriormente ser entregada como calor o radiación infrarroja. Este calor aumenta la temperatura ambiente del espacio vivible ubicado en la atmosfera baja o palio urbano (urban canopy layer) para ser desplazado mediante procesos advectivos o convectivos causados por diferencias de presión, lo que originan los vientos. En el primer caso se desplaza horizontalmente a través de calles, pasajes, corredores, y en el segundo caso se desplazan verticalmente subiendo hacia las capas superiores de la atmosfera, hacia la capa límite (boundary layer). La altura de las edificaciones en la ciudad en relación al ancho del espacio urbano se conoce como el ratio altura/ancho que define las características de un cañón urbano (5). En consecuencia, el cañón urbano o espacio de la ciudad está fuertemente determinado por la arquitectura urbana o forma del ambiente construido e influye en las condiciones térmicas y de ventilación.
En efecto, parámetros como la temperatura, la humedad del aire, la radiación solar y el viento determinan las condiciones de confort térmico de un espacio. Los diagramas psicrométricos son herramientas de análisis que entregan zonas de confort térmico para que el cuerpo humano se sienta a gusto en un espacio. Según sea un espacio interior o espacio exterior, el confort térmico es diferente, por tanto los diagramas se confeccionan de un modo distinto. (6) (7) Conceptualmente esta zona de confort térmico se define como el estado de bienestar del cuerpo humano en el cual ocurre un balance entre las pérdidas o ganancias térmicas y el ambiente en el cual se encuentra. Para alcanzar este confort térmico la arquitectura emplea recursos materiales, espaciales, naturales que combinados en armonía pueden lograr una arquitectura bioclimática. Por extensión, se puede lograr también un urbanismo bioclimático a través del diseño urbano.

La transferencia de energía entre el espacio exterior y el espacio interior habitable se produce a través del envolvente arquitectónico, el cual está compuesto por la techumbre, las fachadas de los edificios y la cobertura del suelo. Este medio cumple un papel fundamental para alcanzar la zona de confort al interior de los edificios. El marco regulatorio edilicio así lo entiende y en consecuencia el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo ha elaborado un Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica para el acondicionamiento térmico de la vivienda. (7) El Manual se inicio el año 2000 con recomendaciones para el complejo de techumbre y el 2007 se incorporaron los muros, los pisos ventilados y porcentaje de vanos. Este documento distingue 7 zonas térmicas en las regiones de Chile regulando valores máximos de transmitancia térmica (U) y valores mínimos de resistencia térmica (R) para cada uno de los paramentos de cierre de un edificio; considerando el criterio de Grados Días para calefacción. Para ello, se estimaron 15°C como temperatura del espacio interior, asumiendo ganancias internas (equipos, iluminación, personas, etc.) para alcanzar los 18°C-20°C y ganancias solares. Asimismo, regula el porcentaje máximo de ventanas en paramentos verticales según sea la zona y el tipo

de vidrio a emplear: monolítico o DVH. La obligatoriedad se hace a través del artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización. El principio que regula estas acciones es la eficiencia energética para reducción del consumo de energía en el acondicionamiento térmico del espacio residencial.

La ganancia solar es uno de los mecanismos del acondicionamiento pasivo en las edificaciones, particularmente en la escala del "objeto arquitectónico", pero algo distinto es el concepto de acceso solar, pues está referido a la escala urbanística principalmente. El acceso solar es un término acuñado por Knowles en California, en los setenta frente a preocupaciones energéticas por la incertidumbre de disponibilidad del combustible fósil. El acceso a la luz de sol (sunlight) y a la luz día (daylight) desde el ambiente construido ha sido concebido como un derecho a la energía y calidad de vida, por tanto con implicancias directas en los reglamentos de la edificación en California. (8) El concepto de acceso solar se entiende como la penetración del sol a un edificio para ser utilizado por una superficie colectora del edificio entre las 9:00 y las 15:00 a mediados del invierno. No obstante, existen diferentes grados de acceso solar; al patio del edificio que enfrenta el sol al mediodía, o a los muros de fachadas y techos del edificio. En ambos casos, permitir la penetración de la irradiación evitando las sombras provenientes de edificios vecinos o vegetación es considerado una condición básica para el acceso solar (9). Este concepto se expande a nivel de predios y manzanas para analizar los efectos en la reducción de ganancia solar sobre las edificaciones vecinas, lo que se conoce como el envolvente solar. (10) (11). El envolvente solar es una abstracción espacial que simula el cono de sombra arrojado por los edificios de una manzana sobre los predios y edificios vecinos, durante el día. Este cono se basa en la trayectoria solar, originando así un manto imaginario oscilante que describe las sombras horarias arrojadas y ha sido un elemento para determinar una figura legal de regulación urbanística. No obstante en Chile, el estado actual de las normativas aún se centran en las perdidas térmicas del envolvente de un edificio, vale decir, la mirada puesta en la eficiencia energética de la arquitectura, pero escaso o nulo desarrollo en las ganancias solares a escala de la ciudad.
El análisis de las relaciones topológicas de un edificio en relación a su entorno urbano revela la configuración espacial de los intersticios en una ciudad. La lectura del espacio tridimensional indica distanciamientos, alturas, ángulos de incidencia de la radiación solar, sombreas, etc. Por ello resulta fundamental reconocer esta dimensión y valorarla como tal para propender hacia un urbanismo solar que garantice el acceso a la energía solar a todos los vecinos. La morfología urbana del entorno de un edificio entrega información útil para analizar la posibilidad de acceso solar a las edificaciones. Hay métodos analíticos a través de simulaciones espaciales computacionales y métodos empíricos a través de monitoreo.



Figura 2: Edificio del Campus Andrés Bello, Facultad de Arquitectura y Urbanismo y su entorno

EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: POTENCIAL SOLAR DE FACHADAS EN EDIFICIO EDUCACIONAL

El objetivo de este proyecto de investigación fue estimar el potencial solar de las fachadas de un edificio educacional ubicado en el Campus Andrés Bello, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Figura 2. Para ello, se realizaron simulaciones computacionales y mediciones in situ a fin de obtener valores, los cuales se compararon entre sí, para validar las simulaciones computacionales realizadas con el programa ECOTECT. (12) Para ello, se colocaron radiómetros SOLCODAT sobre cada una de las fachadas del edificio orientado longitudinalmente en sentido Nor-poniente, Sur-oriente. Se registraron los datos cada 10 minutos diariamente obteniendo valores medios horarios de irradiancia solar (W/m2), durante 3 años aproximadamente. Figura 3.

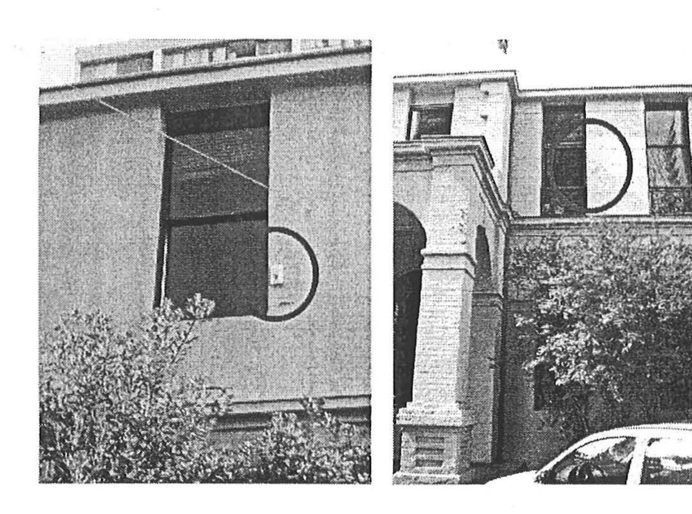


Figura 3. Radiometro colocado sobre las fachadas Nor-Este y Sur-Oeste de la FAU-U. de Chile.

Con ello, se creó una base de datos para las distintas orientaciones, previa calibración del instrumento, eliminando los valores irreales y los valores *outlier* o fuera de los rangos estadísticos recomendados. A partir del análisis de esta data, se observó el comportamiento de la irradiancia sobre las fachadas Nor-Este, Nor-Oeste y Sur-Oeste. Mediante simulaciones computacionales se visualizaron los efectos de la sombra sobre las fachadas y rangos de irradiación que calcula el programa ECOTECT, Figura 4, valores que se aproximaban en algunos casos, pero que se alejaban en otros casos de los valores monitoreados con los instrumentos de radiación. El objetivo de esta comparación era determinar efectos sobre las ganancias solares en fachadas y su incidencia en el confort térmico al interior del edificio, empleando la energía solar pasiva

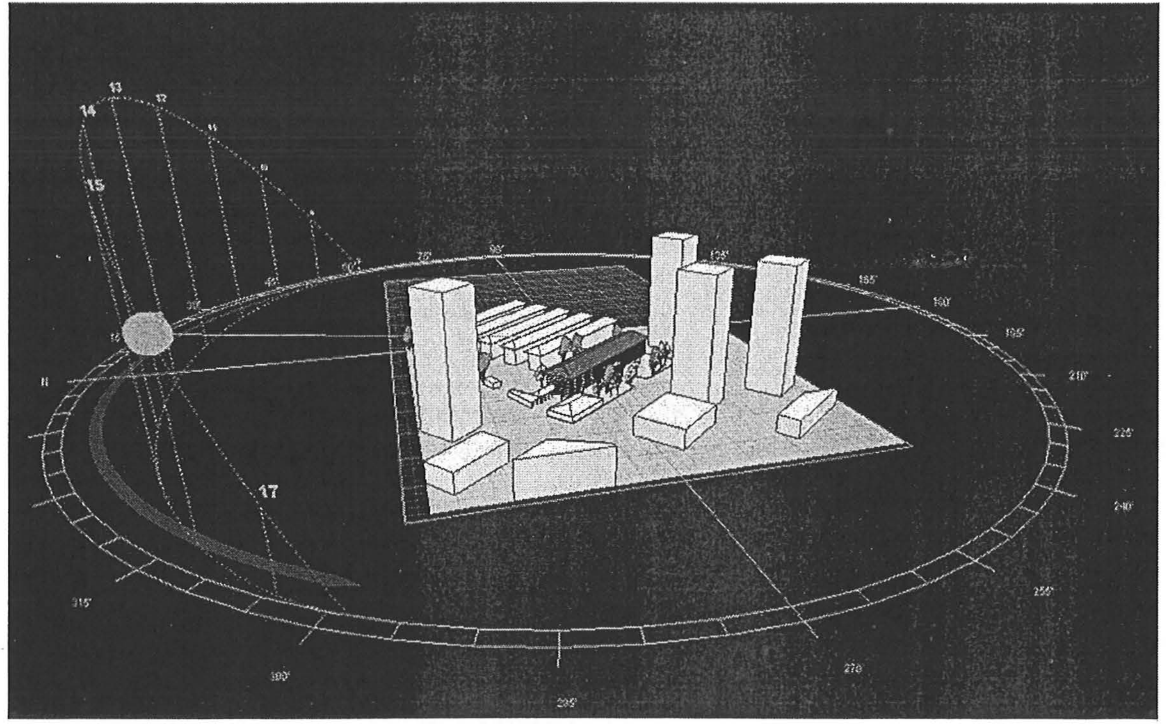


Figura 4: modelación ECOTECT del Campus Andrés Bello en FAU

Por otro lado, también se verificó el potencial efecto de las obstrucciones solares del entorno urbano sobre colectores solares fotovoltaicos, vale decir considerando un urbanismo solar. Para ello, se estimo la demanda de energía (kWh/día) en el edificio educacional, la potencia disponible para fines fotovoltaicos considerando dos escenarios: (i) aislado y (ii) alta densidad; y la morfología urbana del entorno

inmediato al edificio. Es importante señalara que dada la latitud media 33°S del edificio, el techo y los muros son igualmente aptos para captación; en este caso, se estimó sobre las fachadas a fin de integrar este criterio al diseño arquitectónico. Los resultados finales revelaron una reducción en la energía solar fotovoltaica que fluctuaba entre un 14% y un 16% (W-hr/día) en las fachadas Nor-Oeste y Sur-Oeste producto de conos de sombra derivados de torres de gran altura localizadas alrededor del edificio estudiado. Estos resultaron inciden en la cantidad de paneles solares fotovoltaicos, pues se requiere aumentar en un 20% para satisfacer la demanda, considerando las obstrucciones reales del entorno urbanístico configurado por los edificios vecinos. (13) Es importante destacar este valor, pues manuales de instalación solar en Chile recomiendan pérdidas por factor de sombra alrededor de un 3% en la potencia mientras que los valores medidos *in situ* son entre 4 a 5 veces superior a ese porcentaje.

En breve, se ha investigado el potencial solar de las fachadas de un edificio considerando el entorno urbanístico para proyectar una arquitectura solar urbana, pasiva y activa que conduzca a generar conocimientos para regular la morfología urbana. Con ello, se verifica que existen métodos, técnicas e instrumentos para una planificación solar pasiva y activa, pero aún falta incorporarla explícitamente en los documentos con fuerza legal, tales como planes reguladores, ordenanzas de urbanismo y construcciones, y normativas de edificación. La integración de estos conceptos pavimenta el camino hacia una ciudad sostenible.

Referencias

(1) Ruchansky, R., Buen O., Januzzi, G y Romero A. 2011. Eficacia institucional de los programas nacionales de eficiencia energética: los casos del Brasil, Chile, México y el Uruguay. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. N°1 52. CEPAL. Santiago de Chile. 79 pp

(2) http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/ [consultado el 28.10.12]

(3) www.leychile.cl Ley 20.571 [consultado el 28.10.12]

(4) www.leychile.cl Ley 20571 [consultado el 28.10.12]

(5) Oke 1988. Boundary Layer Climate. Taylor and Francis. London

(6) Serra, R. 1989. Clima, Lugar y Arquitectura. Manual de Diseño Bioclimático. CIEMAT. Madrid

(7) Olgyay, V. 1998 Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas. Ed. GG. Barcelona.

(8) http://www.e-construccion.cl/mart/ ; [consultado el 28.10.12]

(9) Knowles, R. Energy and form: an ecological approach to urban growth. Cambridge, MA, MIT Press, 1974.

(10) Habitat, 1990. *National Design Handbook Prototype on Passive Solar Heating and Natural Cooling of Buildings*, Nairobi. United Nations Centre for Human Settlement

(11) Knowles, R. and Villeco, M. 1980 Solar access and urban form, AIA Journal, pp42-49 y 70

(12) Shaviv, E, Yezioro, A. Capeluto, I. 2001 Sun and winds in a new business district in Tel viv. International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, Agosto 13-15, pp 151-158

(13) Cárdenas, L.A. y H. Bugueño, 2010. Potencial energético de un envolvente arquitectónico en función de obstrucciones solares del entorno urbano. En "Arquitectura sostenible: bases, soportes, y casos demostrativos" Ed. B.Garzón. Nobuko. Buenos Aires. ISBN 978-987-584-295-3.

(13) Cárdenas, L.A., Morales, L. y Ruivo, C. 2012 Análisis del efecto del sombreamiento exterior en la radiación solar incidente sobre fachadas de un edificio educacional en un entorno urbano de alta densidad. En X Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Vigo, Galicia, España 19-22 junio. Pp 63-69

ENERGIAS RENOVABLES EN MEXICO

Dr. Jorge Augusto Arredondo Vega, [6]
Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma Baja California, campus Mexicali.
Email: jorge_arredondo@uabc.edu.mx

Ing. Benjamín Tascón. Estudiante: Programa de Maestría en Planeación y Desarrollo Sustentable, Facultad de Arquitectura y Diseño. UABC, campus Mexicali.
Email: btascon@uabc.edu.mx

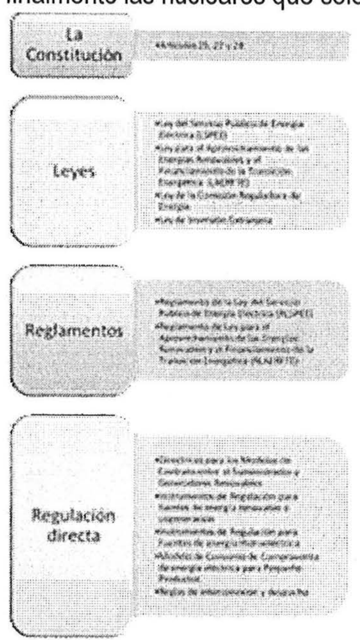
ANTECEDENTES.-

El sector de las energías renovables en México se encuentra aún es su fase inicial y a pesar de que hoy en día el contexto normativo e institucional es más favorable que hace unos años, aun quedan barreras por superar que imposibilitan el despegue definitivo del sector.

El sector eléctrico en México es estratégico para la soberanía nacional, por lo que el marco regulatorio establece limitaciones para la participación privada, permitiendo a las empresas privadas operar en el país sólo a través de una serie de modalidades específicas en el área de generación eléctrica. La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), publicada en 1975, establece que el gobierno, a través de su entidad paraestatal, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), tiene la responsabilidad exclusiva en la generación, transmisión, transformación y distribución de electricidad. En 1992, se modificó la LSPEE incorporando diferentes modalidades de participación en la generación de energía eléctrica para el sector privado, con el objetivo de incentivar la contribución de inversionistas privados en la expansión del sistema eléctrico mexicano. Para desarrollar cualquiera de las modalidades, contempladas en la modificación de la LSPEE, un agente privado debe solicitar el permiso correspondiente a la Comisión Reguladora de la Energía (CRE).

La modificación de la LSPEE de 1992, dio pie a posteriores modificaciones al marco normativo, los cuales para 1997 y 1998 mostraron ajustes tanto en las layes como en los reglamentos y para 1999 se dio el primer gran paso, haciendo ajustes a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en sus artículos 25, 27 y 28, en relación a la soberanía nacional, dando pie a los ajustes desde los años 2002, 2003, 2008, 2010 y 2011, sobre la generación y cogeneración de fuentes alternas de energía eléctrica. (ver diagrama 1).

Cabe mencionar que en el 2010, la Comisión Reguladora de Energía publicó una resolución sobre el modelo de contrato de interconexión para la fuente de energía renovable o sistema de cogeneración en mediana escala, limitando la potencia máxima a instalar a 500 kW (DOF, 2010). A pesar de todos estos cambios, en el 2011 la capacidad instalada de generación de energía eléctrica en México aun dependía en un 75.3% de los combustibles fósiles, seguida por las grandes hidroeléctricas que equivalen al 19% y a las renovables que equivalen al 3.3% y finalmente las nucleares que solo equivalen al 2.4% [7]



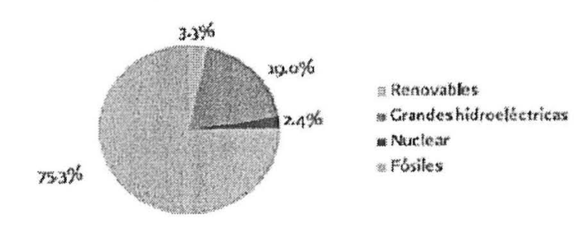


Figura 4: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía y de la Comisión Federal de Electricidad.

ESFUERZOS.-

En el sector residencial, el gobierno mexicano a través de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), han estado promoviendo de la generación de energía eléctrica limpia, para lo cual han elaborado y publicado documentos de apoyo para

---

[6] Profesor cursos de Maestría y Doctorado en Desarrollo Urbano Sustentable. Maestro de tiempo completo. Miembro red EPSTU-CYTED

[7] Secretaria de Energia SENER (2009). Programa Especial para el aprovechamiento de Energias Renovables. Gobierno Federal, México. (p18).

los constructores de vivienda de interés social, de tal manera que los conjuntos habitacionales nuevos, puedan contar con sus propias fuentes generadoras de energía. Entre estos documentos destacan: "Uso eficiente de la energía eléctrica en la vivienda", "Código de edificación de vivienda", "Soluciones habitacionales para el sector vivienda COP16", "Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables" y "Soluciones verdes para el sector vivienda" entre otros. En dichos documentos se expone de manera práctica y clara, las distintas maneras de reducir el consumo de energía eléctrica mediante el uso de patrones bioclimáticos en la vivienda, así como las formas mas sencillas de generar energía limpia mediante el uso de tecnologías tales como celdas fotovoltaicas, celdas termo solares y generadores eólicos [8].

OPORTUNIDADES.-

Según la SENER y GTZ (Cooperación Técnica Alemana) 36, el potencial de crecimiento de las energías renovables en México depende de diversos factores : disponibilidad del recurso, coste de inversión, coste de generación y de transmisión.

En este sentido, solamente algunas de las energías limpias tienen actualmente costes competitivos en comparación con los combustibles fósiles. Las que presentan viabilidad en costes y tienen potencial técnico económico relevantes son la energía hidroeléctrica, eólica terrestre, geotérmica y biomasa [9]

México forma parte del llamado "cinturón solar" que lo ubica entre los principales países con mayor potencial solar en el mundo con una radiación solar promedio superior a 5 kWh por m2 al día y es uno de los principales productores de energía a partir de recursos geotérmicos [10] .

Potencial de viabilidad de las fuentes de energías renovables México

FUENTES/ TECNOLOGIAS	Situación en México		Referencia Internacional	
	Producción de energía en México (GW Promedio)	Potencial tecnico economico (GW Promedio)	Costo de la energía (USD/ GJ)	Costo de inversión (USD/kW)
Gas natural	13.9		$7.0-19.4	$898
Carboeléctrica	4		$6.5-7.3	$2,069
Diesel y combustóleo	5.8		$11.3-15.6	$2,483
Grandes hidroeléctricas (>10 MW)	3	39	$8-11	$2,100
Pequeñas hidroeléctricas (<10 MW)	0.16	3	$10-20	$2,300
Eoloeléctrica terrestre	0.066	3	$15-20	$1,700
Eoloeléctrica marina	0		$20-35	$2,700
Solar fotovoltaica fuera de red	~0	0.02	$110-170	$16,000
Solar fotovoltaica en red	~0	0.09	$80-140	$8,000
Concentración solar	0		$30-50	$2,200
Bioenergía	0.09	10	$15-30	$1,550
Geotermoeléctrica	0.85	10	$10-20	$3,800

Fuente: Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2009 /SENER-gtz

En febrero de 2012, México ocupó la 4ta posición con una participación global de 8.7%, solo detrás de EUA (28.7%), Filipinas (17.3%) e Indonesia (10.9%) y también en ese período, ocupó el 2° lugar en proyectos aprobados por la Junta del Mecanismo de Desarrollo Limpio, con una participación global del 3.51%.

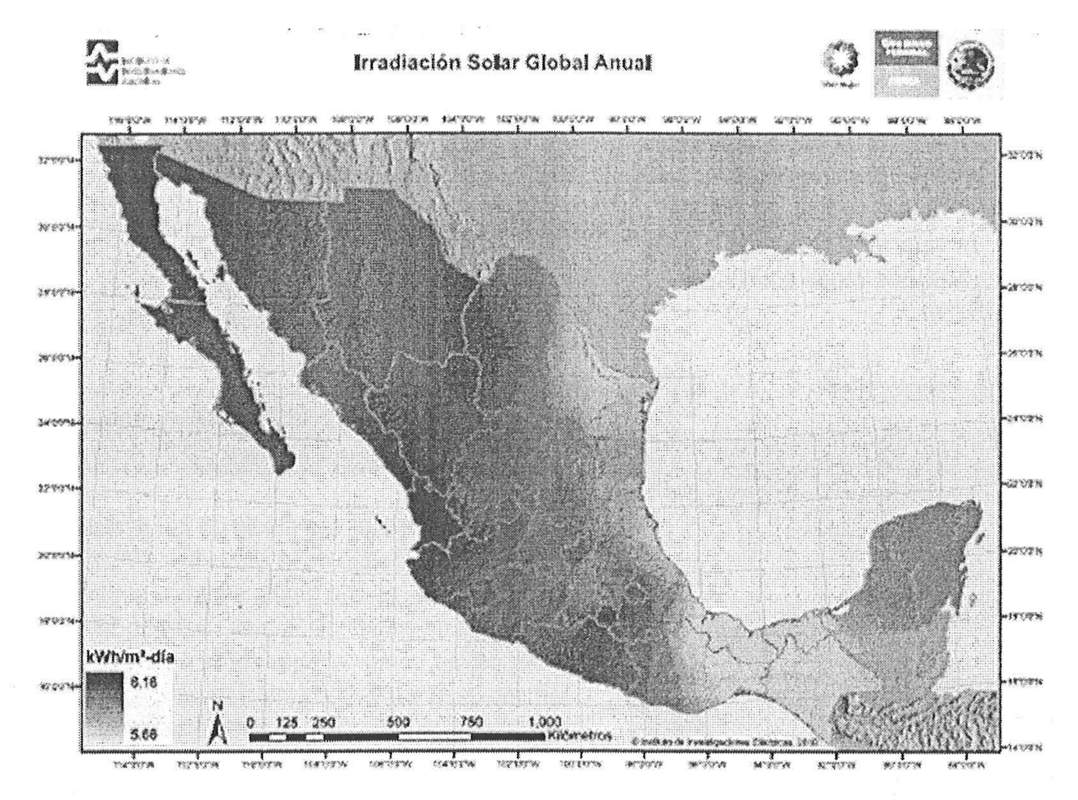
Según la SENER y GTZ (Cooperación Técnica Alemana) 18, la capacidad actual total de las instalaciones fotovoltaicas en México es de 18,5MW que generan en promedio 8.794,4MWh19 por año y, prácticamente, todas ellas se encuentran en comunidades rurales aisladas de la red eléctrica que es dónde se encuentra el potencial económico y financiero de esta tecnología. Muchas de estas instalaciones fueron implantadas por medio de programas gubernamentales de electrificación rural, como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)[11].

[8] http://www.conavi.gob.mx/ (consultado: 12/09/2012. 16:30)

[9] Secretaria de Energía SENER (2009). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. Gobierno Federal, México

[10] SENER (2009). Programa Especial para el aprovechamiento de Energías Renovables. Gobierno Federal, México. (p54).

[11] Oseguera, O. (2010) "Sunny Mexico: An energy opportunity" http://www.greentechmedia.com/articles/read/sunny-mexico-an-energy-opportunity Oct. 5, 2012. 10:58 am.



http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1651

Otro de los importantes recursos naturales que México posee, es la fuerza del viento para la producción masiva de electricidad, ya que el potencial energético del recurso eólico estimado a nivel nacional es del orden de 71 mil MW, considerando sólo el 10% de área total con potencial y factores de planta superiores al 20%. Para factores de planta mayores al 30% se estima un potencial de 11,000 MW. A finales del 2008 la capacidad eólica instalada era de tan sólo 85,4Mw . Sin embargo, las iniciativas realizadas, en los últimos años, hacen que existan numerosos proyectos en fase de desarrollo y, que en principio, se conseguirá el objetivo de capacidad instalada de 2.500MW para finales de 2012, establecido en el Proyecto Temporada Abierta (TA) [12]

ACCIONES OFICIALES.-

Para incentivar la participación privada en la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorga permisos bajo diferentes esquemas, entre los que destacan [13]:

- Autoabastecimiento: generación de energía eléctrica para autoconsumo de personas físicas y morales.
- Productor Independiente de Energía: generación de energía eléctrica en una planta mayor a 30 MW para venta exclusiva a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Otras de las modalidades para la generación de energía eléctrica son cogeneración, pequeña producción, exportación e importación.
- Los incentivos de la CFE para la generación de energía eléctrica privada son:

o Banco de energía: permite la acumulación de excedentes de energía a los productores bajo en el esquema de autoabastecimiento para ser utilizados en el futuro o ser vendidos a la CFE.

o Tarifa preferencial para la transmisión de energía: Cargo por servicio de transmisión para energías renovables o cogeneración eficiente de $0.14 pesos/kWh, en lugar de $0.30-$0.40 pesos/kWh por fuentes tradicionales

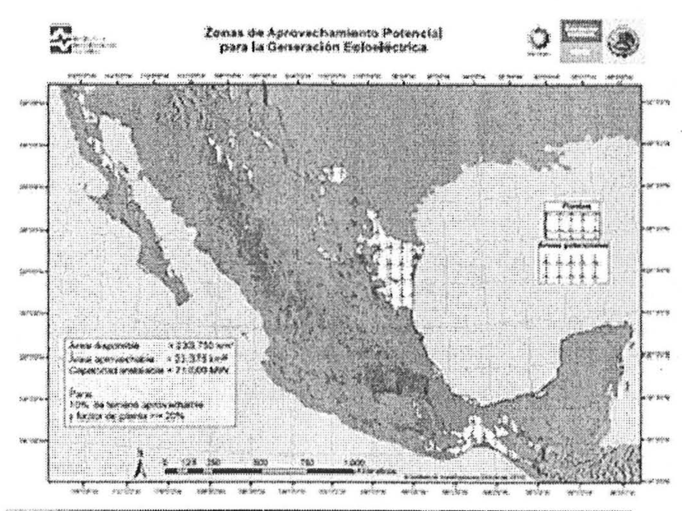
LA REGIÓN NORTE DE MÉXICO, PARAÍSO ENERGÉTICO

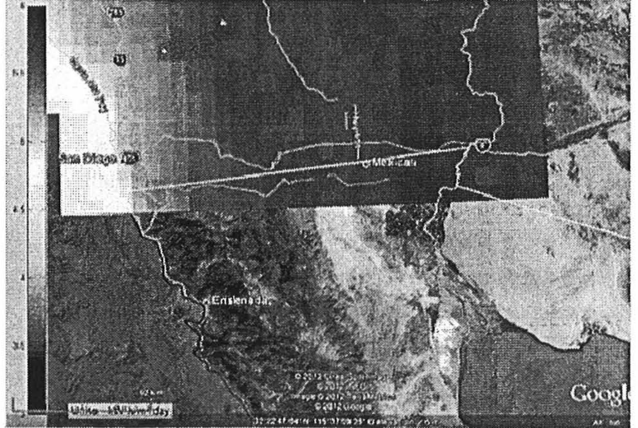
En Baja California, particularmente en el municipio de Mexicali, se tiene un potencial de radiación que oscila desde los 7.5 hasta los 9 kWh/m2/día, uno de los potenciales mas altos de todo el país

[12] Garcia Fariña M. (2011). El sector de las energías renovables en México . Oficina de promoción de negocios EXTENDA, México. (p 16)

[13] http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=184 (10/02/2012. 08:30)

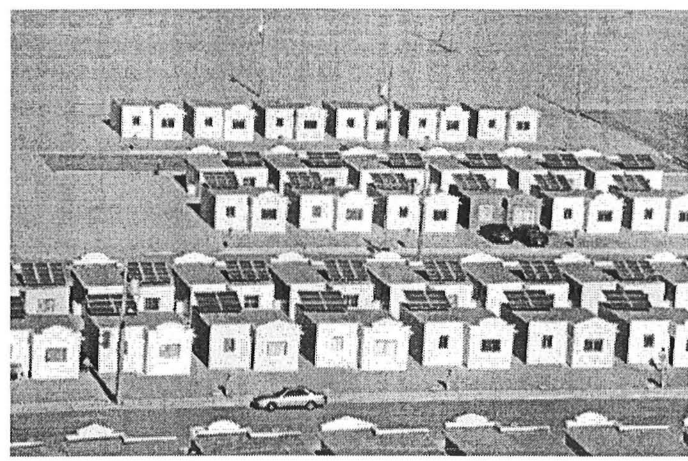
La ciudad de Mexicali se encuentra en la península de Baja California, sobre la frontera norte con los Estados Unidos de Norteamérica, situada a los 32° 39' de latitud norte y a los 115° 28' de longitud oeste, con una altitud de solo 10 msnm, en el municipio de igual nombre que representa el 21% del territorio del estado de Baja California. Tiene un clima extremoso con veranos cálidos y temperaturas que llegan a alcanzar los 50° C e inviernos muy fríos.





Mexicali es pionera en los programas de generación de energías limpias a nivel de conjuntos de vivienda, ya que ahí se construyeron las primeras 200 casas con sistemas fotovoltaicos conectados en red (net metering).

http://redalyc.uaemex.mx/media/portales/organismo/estudios_territoriales/noticias/ResultadosPremio2011.html



También en Mexicali por medio de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California, se han hecho estudios sobre los materiales de construcción mas recomendables para la región, así como estudios sobre el comportamiento térmico de la vivienda de interés social en función de su sistema constructivo y sus materiales de construcción, dentro de los cuales destaca la tesis doctoral denominada "Modelo de metabolismo energético a partir del consumo eléctrico de la vivienda economía de Mexicali B.C." del Arq. Roberto Calderón Vázquez y que recibiera Menciono Honorifica en el Premio Iberoamericano de Tesis de Investigación sobre Vivienda Sustentable Infonavit-Redalyc del 2011 [14], en la categoría B correspondiente a "Investigación aplicada a realidades concretas con resultados concretos".

Además, en Baja California en general, se han instrumentado varias de las políticas oficiales de electrificación de viviendas rurales mediante el uso de sistemas fotovoltaicos. Por otras parte, cercano a Mexicali, en el poblado La Rumorosa del municipio de Tecate, se localiza el parque Eólico La Rumorosa I, ubicado sobre la zona montañosa del mismo nombre (La Rumorosa), a una altura de 1,350 msnmm y consta de 5 turbinas de 2 Mw, generando en promedio 10 Mw. La participación de empresas españolas en proyectos eólicos es destacada. (Iberdrola, Acciona, Gamesa, Renovalia y Unión Fenosa)

LIMITANTES.

Dentro de las limitantes mas importantes que presenta actualmente el sector de generación de energías renovables en México, además de las ya mencionadas

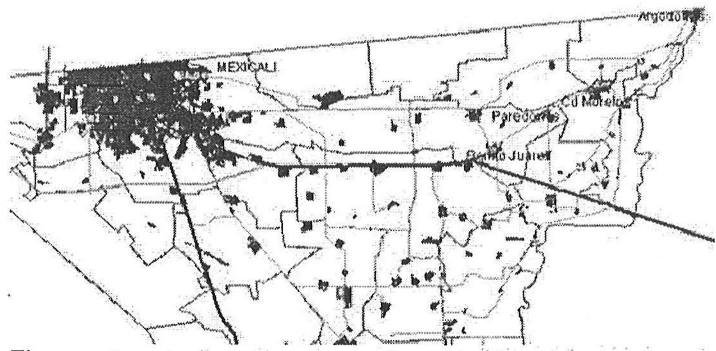
14 http://redalyc.uaemex.mx/media/portales/organismo/estudios_territoriales/noticias/ResultadosPremio2011.html

del sector normativo, se encuentra la relacionada con la capacitación, seguimiento y monitoreo de los programas oficiales y los resultados de esta limitante ya se están haciendo patentes.
En varios de los casos de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos, la falta de entrenamiento sobre el uso, funcionamiento y mantenimiento de estos sistemas a la población directamente beneficiada, ha propiciado que cuando por alguna razón el sistema comienza a presentar fallas, los pobladores han comenzado a desmantelarlos y venderlos como desechos de metal (chatarra) o canjearlos por comida y en casos mas peligrosos, como en la zona rural del poblado Bahía de Los Ángeles, los pescadores de la zona han llegado a desmantelar las baterías de plomo y litio de los sistemas fotovoltaicos para vender su contenido, con todos los riesgos a la salud y ambientales que esto conlleva.

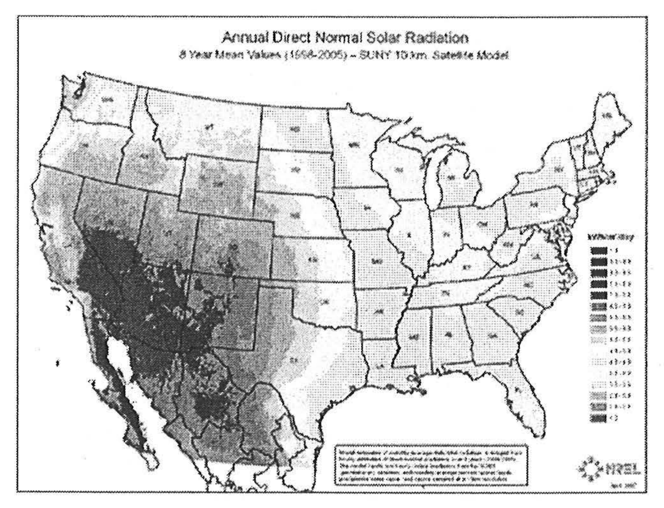
También en Mexicali, el programa piloto de 200 viviendas con sistemas fotovoltaicos conectados en red, actualmente se encuentra con un 65 porciento de desocupación, cifra que se ha ido incrementando debido a los altos niveles de inseguridad existente en dicho desarrollo habitacional, resultado de su localización alejada de las fuentes de trabajo, así como la incapacidad de la autoridades por garantizar la seguridad y servicios urbanos como recolección de basura y acceso a transporte publico entre otros.
Si bien es cierto que las políticas oficiales están bien orientadas en sus metas y objetivos, la gran mayoría de ellas carece de un monitoreo de mantenimiento, situación que compromete bastante la efectividad de los resultados a largo plazo.

CASO DE ESTUDIO

Preocupado por la situación energética del municipio de Mexicali, el Ayuntamiento actual, ha emprendido una serie de esfuerzos para tratar de reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera, aprovechando el potencial solar de la zona, así como la topografía predominantemente plana existente en todo el valle de Mexicali y para lo cual se ha puesto el reto de promover la generación de energías limpias en los nuevos desarrollos habitacionales, sobre todo en las nuevas zonas de crecimiento, que se contemplaran en el Plan Estratégico Metropolitano y que actualmente se encuentra en elaboración.
Aprovechando la apertura de este nicho de oportunidades, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California se ha iniciado un proyecto de investigación con la intención de determinar los potenciales energéticos reales del Valle de Mexicali, especialmente en tres poblados donde actualmente se presentan notables índices de crecimiento (Ciudad Morelos, Poblado Paredones y Poblado Benito Juárez). A partir de esta información, se espera poder desarrollar propuestas sobre la efectividad de distintas alternativas para la generación de energía solar, así como las estrategias pasivas que se deberán instrumentar en la planeación urbana de las nuevas áreas de crecimiento y en el diseño y acomodo de las viviendas para que todo esto sea mas efectivo.



El proyecto actualmente se encuentra en la etapa inicial de recopilación de información para el cálculo de los potenciales solares por región y se espera poder concluir para el segundo semestre de 2013.





ENVIRONMENTAL HIGH-DENSITY URBAN DESIGN: COMPARATIVE PERFORMANCE ASSESSMENTS IN CENTRAL AREA OF SAO PAULO, BRAZIL

Dr. Leonardo M. Monteiro [15]
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo
Email leo4mm@gmail.com

INTRODUCTION

The city of São Paulo witnesses a paradox between the built density of the central neighbourhoods, where the best infrastructure in the city is found in place, and its population density, which has been decreasing for the past three decades, whereas the Southeast and East peripheries of the city has been through a dense urban sprawl [1], In 1940s, the city centre housed approximately 33% of the city's population, which decreased to 3,96% in 2000 [2], resulting in around 400 abandoned buildings in all city centre [3].
In this context, this research project approach the possibilities of densification in the city center of São Paulo, with the main objective to contribute to the public intentions of increasing the housing stoke. In addition, the research considers the impact of densification on the environmental quality of the urban space, adding value to the process of revitalization of the area. The physical configuration of the existing built environment and the capacity of the local infrastructure, with special regards to the transportation, were key parameters to the definition of the density targets and related urban forms.

Methodologically, this work seats in a broader research project which started in 2005 investigating some of the key criteria for the assessment of environmental quality in the urban space, which involved collaborative activities with research institutions from the UK, from which results were presented in PLEA 2006 and 2008 [4] The work presented in this paper focuses on the study of the environmental variables related to the climate, being these: air quality, thermal comfort in the open spaces, solar access and energy generation. This phase of the research has a design approach addressing urban form and building typologies, taking a case-study area in the city centre of São Paulo as the base for the design exercise. The emphasis on the environmental performance of the urban form and open spaces included a set of environmental parameters which were firstly considered in the conceptual stage, been followed by a technical investigation, including comparative assessments between two options for urban occupation.
The environmental parameters were sellected according to environmental problems and potentials identified in the local context, being: air quality, thermal comfort of the pedestrian, solar access and the potential for solar energy. Given the proposional character of the work, the performance of environmental parameters, taken as a group of criteria, is more important than the individual performance of the each of the parameters.
As a pilot project, it contributes to methodological and design issues of the topic of urban densification and environmental quality, including the formulation of hypothesis of urban form with its associated environmental questions. In parallel to that, the project brings specific proposals to the specific derilicted area of the city centre of São Paulo.

CONTEXT

Climate and environment

The city of São Paulo is located at 23°24' south latitude, in a tropical climate influenced by its altitude (approximately 800 metres high). The climate offers sunny days in winter and partially cloudy days in summer. Approximately 70% of the year presents mild climatic conditions [5]. Outdoor thermal comfort can be achieved with simple measures throughout the year, contributing to inviting public spaces.
Regarding building design, the climate allows the design and operation of residential buildings without active cooling or heating. However, it is important to highlight that on the summer months, thermal comfort depends on the provision of shading and the efficiency of natural ventilation. In winter, insulation and thermal mass, together with passive solar heating and controlled natural ventilation are key strategies for thermal comfort.
Despite the favourable conditions of the local climate, the city presents a variety of urban microclimates, showing problems of air quality, heat island effect, insufficient urban ventilation, urban noise and others, which affect the quality of the environment inside buildings as well as of the urban open spaces and are issues directly related to the physical aspects of the urban form, anthropogenic activities (in this case, specially the use of cars) and lack of vegetation.
With special regards to energy consumption, the shower is the second biggest end use of electricity of the residential sector of the group cities of the Southeast region of Brazil [6], which together constitutes the zone 3 of the new national bioclimatic zoning and which São Paulo takes part [7]. The first

[15] Docente Departamento de Tecnologia. Investigador: Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiencia Energética (LABAUT). Miembro EPSTU-CYTED

consumer of electricity in the sector is the fridge and the third is the artificial lighting [6]. Given this scenario, the harvesting of solar energy has a determining role in the environmental guidelines of urban design, alongside other considerations, such as air quality, solar access and comfort.

CASE-STUDY AREA

The area of intervention consists in a group of 25 urban blocks in the neighbourhood of Santa Ifigênia, encompassing approximately 30 hectares, previously known as the "Perímetro de Reabilitação Integrada do Habitat da Luz" (PRIH-LUZ), the Housing Perimeter of the Luz area. The existing urban form is characterized by variation of building sizes and heights within close distances, following the pattern of central neighbourhoods in São Paulo. A number of buildings are derelict and others have been demolished, resulting in empty sites waiting for new developments. The plot ratio is of approximately 80% and green areas are non-existent, resulting in a compact occupation and impermeable urban terrain.

The existing urban form has a negative effect on urban ventilation, concentrating the heat from the impinging solar radiation, which associated with the lack of vegetation and concentration of anthropogenic activities, creates uncomfortable urban microclimates. In addition to the negative effect on the pedestrians' thermal comfort, the poor urban ventilation affects pollution dispersion, contributing to the compromising of air quality. Despite the fact that shading is crucial in summer days, solar access is desirable during the rest of the year. The northeast-southwest orientation of the urban grid creates favourable conditions to residential buildings throughout the year.

HYPOTHESIS FOR THE URBAN FORM

The initial hypothesis for population density (net) was 2.500 people per hectare. This figure was based on the existing capacity of the public transportation which serves the neighbourhood of Santa Ifigenia [8], however, being 13 times the 180 inhabitants per hectare of the local neighbourhood. The targeted density is significantly higher than the densest formalized neighbourhoods of the city with 230 people per hectare, but not so high when considering the densities of the slams of the city, where figures between 1.000 and 2.000 people per hectare are commonly found [2]. In order to achieve the pre-defined density, the insertion of taller buildings was required, which led to a proposal for the demolition of a few buildings, aiming for spaces to insert new buildings and also to create open spaces.

Looking at the possibilities for new buildings, the typologies tested were variations of the slab form and the tall building of a square base (the tower-like form), in two opposite proposals of urban design. One of close urban blocks, with the new buildings juxtaposed to the existing ones, defining continuous facades facing the streets and a remaining open space in the centre of the block, and another one of open urban blocks, with new buildings detached from the existing ones and recessed from the sidewalk line, creating extensions from the sidewalk, pedestrians routs through the urban block and localized public niches inside it (see figure 1).

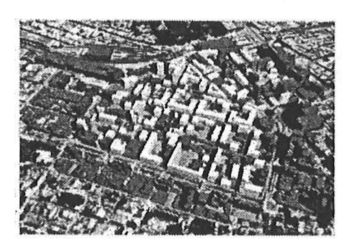



Figure 1: The two proposals for urban densification, the closedurban blocks on top and the open ones, with the taller buildings, at the botton.

In order to achieve the targeted density, in the close blocks (courtyard type), the new buildings vary from 3 to 30 floors, whilst in the open urban block proposal the new buildings vary between 12 and 45 floors. In both cases, the taller buildings were concentrated in north side of the area, avoiding excessive over shading of the public spaces and the lack of solar access in winter, where the taller existing buildings are located and the urban blocks is bordered by a major avenue (Duque de Caxias).

In addition, even with the higher density, due to the configuration of the urban design, in both cases the percentage of open space is significantly higher than in the existing case, with the achievement of 40% of free space in the close urban blocks and (half of the existing) and 48% in the open urban blocks.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

AIR QUALITY

The assessment of air quality conditions of the two proposals of urban design and new urban forms used the method proposed by the Road World Association [9, 10], which looks at three variables: the agent responsible for the pollution, (number of cars per hour), the width of the road surrounding the blocks and the wind speed. The considers the emission of polluted air and proposes a flux of fresh air to dilute and dissipate

the pollution. The pollutant chosen as the indication of air contamination was the carbon monoxide (CO). Although there are other types of pollutants from vehicles, the CO reaches prohibited amounts in the air quicker than others.
The criteria for the acceptable concentrations of CO were taken from the National Standards of Air Quality [11], which defines three standards of air quality: Standard (good), Attention (risk) and Alarming (not good). The flux of fresh air in relation to the flux of polluted air is calculated based on the equation:

$$Q_{af}\left[m^3/s\right]=\frac{\overset{0}{q}_{CO} * f_{vel} * f_{ram} * f_{alt}}{3600} * \frac{1\times10^6}{CO_{\lim}\left[ppm\right]}$$

Q_{af} - flux of fresh air

$\overset{0}{q}_{CO}$ - flux of CO eliminated by one car (1,5m³/h),

f_{vel} - velocity factor (0,5),

f_{ram} - slop factor (1),

f_{alt} - altitude factor (1)

$CO_{\lim}$ - level of CO accepted [11]

In this project, the dissipation of air pollution was calculated for typical summer and winter days, being characteristics of the yearly climatic conditions. The studies of air flow around buildings were carried out with the use of CFD techniques, using the software CFX. For the summer days, it was taken the more frequent wind direction for the time when temperatures are above 25°C (when air movement is also important for thermal comfort), being North-Northwest (NNW). For the winter days, the wind direction refers to the hours of the days when the air temperature is bellow 20°C (when wind could affect a negative effect on thermal comfort), being South-Southeast (SSE). The mean speed identified for these two directions, at 10 meters high was 3,5 m/s.

The roughness of the urban form, with neighbouring buildings of different heights was certainly favourable to pollution dispersion. However, the proximity of buildings (even in the case of the open urban blocks) and the increase of the building sizes and heights, created localized insufficient urban ventilation, resulting in problems of air pollution, especially at the pedestrians' level. This situation is more relevant in the proposal of the close urban blocks (see figures 2, 3).

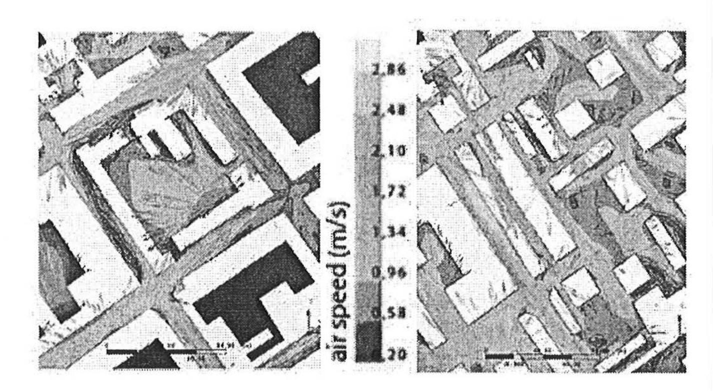


Figure 2: air movement around buildings, at the pedestrians' level in both proposals: the closed urban block at left and the open urban block at right.

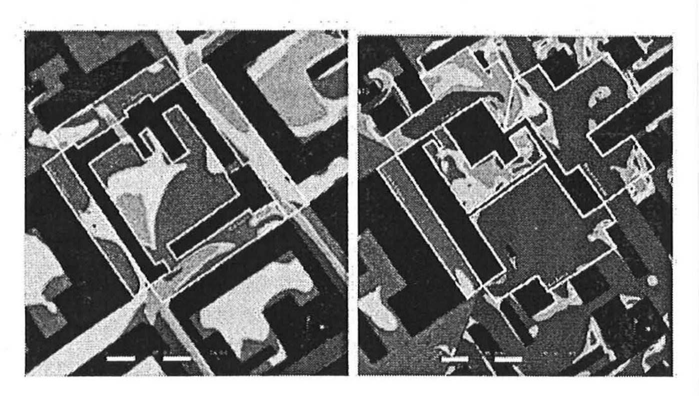


Figure 3: air quality at pedestrian level, showing the closed urban block at left and the open block at right. The result is notoriously better in the second case.

Thermal comfort in the open spaces

The assessment of thermal comfort in both proposals was based on the index [12], gather a group of variables, including: air temperature (tar), relative humidity (ur), air velocity (v), incident solar radiation (Ig) (corrected according to sky-view factors and shading (see figure 4), mean monthly temperature (tm) (for that variable, the month of January was used for being the hottest of the weather file), human activities predicted to the different open spaces (metabolic rate - M) and the dressing resistance of the pedestrians (Icl):
TEP = -29,877 + 0,4828 · TAR + 0,5172 · TRM + 0,0802 · UR - 2,322 · VAR - 0,1742 · TM + 5,118 · M + 38,023 · ICL

Whilst the courtyard-like urban typology provides more shading of the open spaces (due to the urban form and also the possible locations for green/trees spots), urban ventilation is less beneficial. On the other hand, the situation of open urban blocks, with detached and

taller building, has less shaded areas, but urban ventilation is significantly better. As a result, each of the proposals showed slightly better responses to one of the two main activities in the open spaces. In the open blocks and taller buildings, the places of pedestrians' walkways showed better conditions (along the streets), whilst in the closed urban blocks, the areas for short to medium stays benefited from the urban form (niches inside the courts). However, given the hot and humid conditions of the local climate, which are aggravated by the built environment, it is possible to say that both proposals showed satisfactory results.
The mapping of the thermal comfort conditions for the two proposals indicates the areas of thermal neutrality, hot, slight hot and very hot conditions, for 15hs, in the afternoon time. (see figure 5). Both proposals show hot and very hot conditions in areas of pedestrian routs as well as situations of thermal neutrality and slightly hot conditions in areas of short to medium stays, especially due to the concentration of trees in such areas (see figure 4).

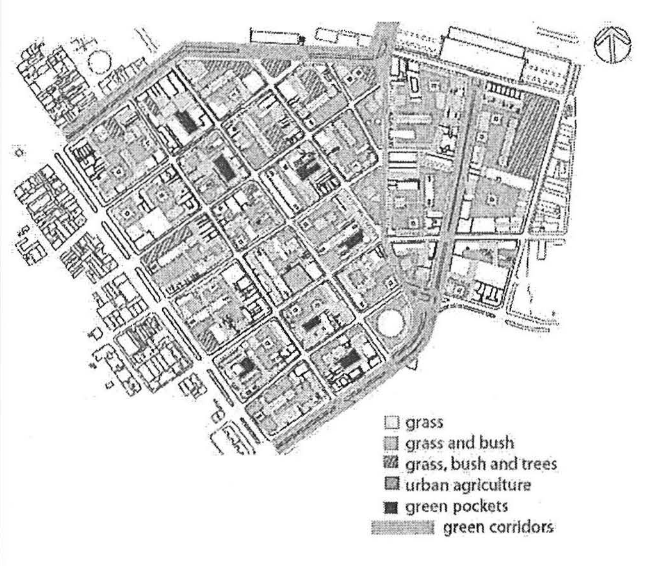


Figure 4: System of pedestrians routs around and through the urban blocks in both proposals

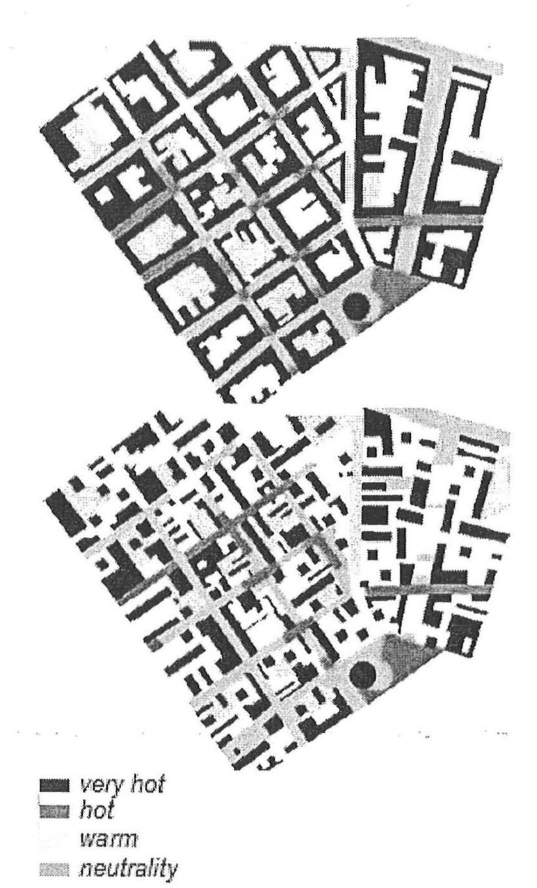


Figure 5: Assessment of the thermal conditions of open spaces in both proposals for urban densification of the 25 blocks.

In summary, the densification of the built environment can offer comfortable thermal conditions in the urban space in the city centre of Sao Paulo, with outdoors environment similar to shaded areas of green spaces, and more adequate to thermal comfort than open spaces more exposed to sky conditions.

SOLAR ACCESS

The criterion established for solar access of the residential buildings was two hours of sun in the winter months. The accurate understanding of solar access in the facades of the new and existing buildings, including the assessment of the impact of existing buildings in its neighbours, requires a detailed analysis of the shading masks of the urban form in specific points of the main facades.
In both proposals, the same urban block was taken as a reference for the preliminary assessment of solar access. In general, the geometric variations of both proposal (already inherent from the existing buildings), combined with the solar heights of the local latitude (23º, 30' south) and the solar orientation of the urban grid of the case-study area (northeast-southwest, northwest-southeast), create favourable conditions to

solar access in all facades of the new buildings and the existing buildings (see figures 6, 7).

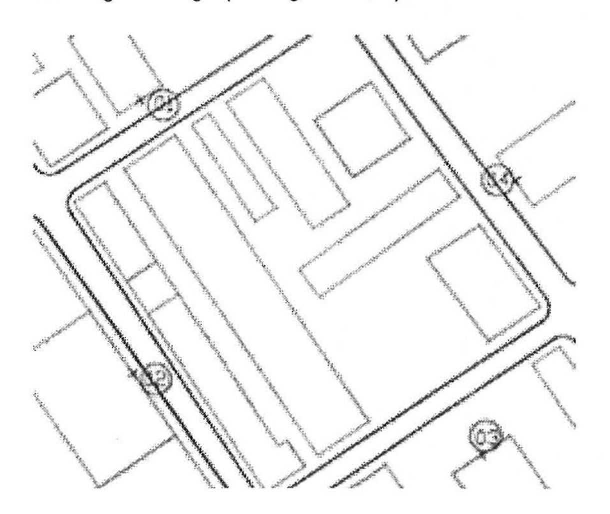


Figure 6: the reference urban block, taken from the proposal of open urban blocks, with taller buildings

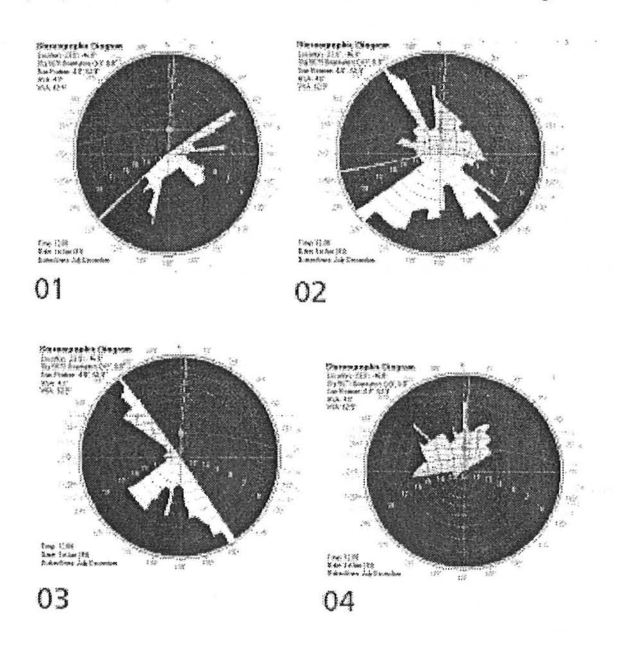


Figure 7: the shading masks for a specific points at 10 metres high, on the four orientations of the reference urban block.

ENERGY POTENTIAL

Energy savings in the residential buildings was predicted based on the possibilities of energy generation on site by harvesting solar energy. In that respect, the potential for heating up water (aiming for the elimination of electric showers), by means of solar panels, was tested against the potential for clean electricity, by means of photovoltaic cells, to supply artificial lighting.

The assessment of the potential of solar panels followed the guidelines given by the municipal law 49.148 [13], which starts from the estimation of the monthly energy demand to water heating, followed by the calculation of the necessary area of solar panels to supply the demand.

The demand for the domestic hot water considered 100 litres per person of daily shower consumption, at 42°:

$$E = \frac{V \times Cp \times (t_2 - t_1) \times 30}{3600} \text{ [kWh/month]}$$

E monthly energy demand
V daily volume of hot water (100 litres per person for shower)
Cp specific heat capacity of the water: 4,18 kJ /kg °C
t_2 temperature of the hot water (42°C)
t_1 temperature of the natural water (20,2°C)

Calculation of the area of solar collectors:

$$AC = \frac{F_{cd} \times Cs \times E}{PMME_{(SP)}} \text{ [m}^2\text{]}$$

AC area of solar collectors
F_{cd} correction factor for the deviation from the north
Cs solar contribution (it must be higher than 40%)
E monthly energy demand
PMME average monthly production of energy per square meter for the city of São Paulo [kWh/month m²]

According to the municipal law, areas shaded for longer than 60% at 9h; 12h and 15h, at the selected representative day (6 of April) are not appropriate for solar panels. Table 1 brings the performance of the solar panels in the two proposals of urban form. The assessment procedure of the efficiency of photovoltaic cells was similar to the one applied to the solar panel, aiming to respond to the estimated demand of the targeted density. The estimation of the average daily consumption was based on the National Energy Plan 2030 [14]. The domestic energy consumption per capita in 2005 was adopted as the base case, with 38 kWh/month/habitant, resulting in the 1,26 kWh/day/habitant. Looking at future projections, in a more pessimist scenario, the energy consumption in 2030 could reach 99 kWh/habitant per month, resulting in 3,30 kWh/habitant a day, being this still a significant lower value compared to international contexts [14]. Table 1 brings the performance of the photovoltaic

cells in relation to the different scenarios of electricity demand.

ab 65.000	Water heating	1,26 kWh/day/hab	3,30 kWh/day/ hab
		Population supplied (%)	
e blocks	100,70	53	20,25
n blocks	100,50	33,20	12,68

Table 1: Performance of solar panels and photovoltaic cells for different energy demands

As expected, the urban occupation of the close urban blocks (the courtyard-like typology) showed a superior performance compared to the open urban block, which is characterized by tall buildings of the tower and slab typologies. The solar panels proved to be more efficient than the photovoltaic cells, in relation to their associated demands (hot water versus electricity). Furthermore, in both proposals the solar panels showed economic efficiency/viability.

In the less favourable case, the open blocks, with the taller buildings, proved to respond to approximately 70% of the hot water demand. With respects to the photovoltaic panels, the worse case achieves around 12% of the electricity demand, against 20% achieved in the close urban blocks, which is still a low performance to be justified economically in the local market.

OVERALL ASSESSMENT

Table 2 brings the qualitative environmental assessment of the two proposals of urban form for densification of the case-study area. The base of this assessment was the results from the technical studies combined with a qualitative overview of the environmental potential of the proposals.

Qualitative criteria:
1 - not satisfactory (or satisfactory in restricted areas of the proposal), however, with theoretical potential for improvement and achievement of satisfactory conditions in majority of the proposal area.
2 - satisfactory result, however, with theoretical potential for improvement and achievement of satisfactory conditions in 100% of the proposal area.
3 - practically 100% satisfactory result, without the need to apply corrective measures/modifications in the urban form proposals.

Urban form	Environmental parameters			
	Air quality	Solar access	Thermal comfort	Energy
Close blocks	√	√√	√	√√√
Open blocks	√√	√√√	√√	√√

Table 2: Qualitative assessment of the proposals for urban form and densification

FINAL CONDISERATIONS

Although the main objective of this project was to test the means of assessing the environmental performance of urban form, the proposals for urban configuration were based in urban concepts to bring urban quality to the proposal, beyond environmental performance In both cases pedestrians are allowed to use the internal spaces of the urban block, whilst the streets keep its thriving urban atmosphere.

From the environmental point of view, the contribution of this research project is to add technical studies with quantification of the impact of specific design decisions, having an approach characterized by being a research pro-design, driving by high density targets.

The two proposals for urban occupation have different qualities, environmental advantages and disadvantages. The environmental evaluation, including air quality, outdoors thermal comfort, solar access and the potential for solar energy, showed that the open urban blocks have a initial better performance than the perimeter-like blocks, in the urban and climatic context of the city centre of São Paulo. The open block surpassed the perimeter block in the urban ventilation and dissipation of air pollution, pedestrians comfort and solar access, whilst the perimeter block was better only in the topic of solar energy generation. It is important to underline that the environmental performance of the urban form, showing overshadowing effects and increment of urban ventilation, caused by the roughness of the urban form with different building heights and distances between buildings, is compatible to the particular conditions of the tropical climate of São Paulo, also influence but the physical aspects of the built environment. In this way, the climate has a fundamental role in the potential good performance of the modified urban form, to the environmental quality of the urban space.

Through the environmental assessment of the urban form in the design phase corrective measures dealing

with building form, distances between buildings, site layout and heights can be applied, to improve the environmental performance of the urban form as a whole. In the case of perimeter block, for instance, the deficient urban ventilation can be improved with more openings in the ground floor in addition to more openings at different heights.

In 2009 the city of São Paulo announced the revitalization plans for the Luz area, in Santa Ifigenia, to be elaborated by a consortium of professionals of urban planning and development to be selected [15]. The environmental scope included in the brief brought the issues studied in this project, but at a qualitative level, without quantitative performance criteria, which is a subject to be developed further.

REFERENCES

[1] N. Bonduki (2003), *Fórum de debates.* In: 5ª Bienal Internacional de Arquitetura e Design de São Paulo Metrópole, São Paulo.

[2] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica. Sumario de Dados 2004, 2004.

[3] V. Cusinato (2004), *Os espaços edificados vazios na área central da cidade de São Paulo e dinâmica urbana.* (Dissertation), Poli-USP, São Paulo.

[4] J. Goncalves, D. Duarte (2008), *Environmental Urban Design for Central Urban Areas in São Paulo, Brazil,* Proc. 25th PLEA Conference, Dublin.

[5] ASHRAE, *Climate Design Data,* ASHRAE Handbook, ASHRAE, Atlanta, GA, 2009.

[6] E. Guisi, S. Gosch, R. Lamberts (2007), *Electricity end-uses in the residential sector in Brazil.* Energy Policy 35. Elsevier.

[7] ABNT - Associação Brasileira de Normas Tecnicas. NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações. ABNT, 2005.

[8] METRÔ. *Indicadores,* 2008. Available at: http://www.metro.sp.gov.br/empresa/numeros/indicadores /indicadores03.shtml.

[9] M. Silva (2001), *A Influência da densificação urbana na ventilação das cidades.* Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal.

[10] PIARC–World Road Association. *Congres Mondial de la Route.* 2001.

[11] CETEB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90. Available in: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp. Acessed in Novembre 2008.

[12] L. Monteiro (2008), *Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos.* (Thesis). FAUUSP, São Paulo, 2008.

[13] PMSP - Prefeitura do Município de São Paulo. *Decreto Estadual Nº. 49.148, De 21.01.2008,* 2007.

[14] MME - Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030.* Brasília, 2007.

[15] PMSP - Prefeitura do Município de São Paulo. Termo de referência para contratação de serviços técnicos especializados para elaboração de projeto urbanístico específico e estudos ambientais e econômicos necessários à viabilização da concessão urbanística na área da nova luz. 2009.

EXPERIENCIAS SOBRE TECNOLOGIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO SOLAR EN ARGENTINA.

Beatriz Garzón[16]
Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.Argentina.
Email: bgarzon@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es: "*mostrar el análisis, evaluación, difusión y adopción de Estrategias, Disposiciones Tecnológicas, Arquitectónicas y Urbanísticas No Convencionales como recursos que posibiliten alcanzar el confort y bienestar para los usuarios habitantes de comunidades de interés social de Argentina y para su consiguiente desarrollo sostenido y desde un modelo de cogestión de producción participativa y sustentable de su hábitat*". Esto muestra la urgencia de aportar, colaborar y continuar trabajando en la adecuación bioambiental del hábitat, con criterios de desarrollo sostenido según las singularidades, condicionantes y requerimientos de cada lugar en consideración, a efectos de considerar y superar aquellos aspectos que condicionan el crecimiento de sus comunidades".

Ante esta situación, se busca generar un espacio (tiempo y lugar) para plantear y buscar un aporte que permita promover e intervenir al respecto y contribuir al campo disciplinar específico y a aquellos intervinientes mediante propuestas innovadoras desde una visión globalizadora y transdisciplinaria.
Esto obliga a promover la incorporación de los recursos disponibles del lugar (humanos, organizativos, materiales, cognitivos, climáticos, etc.), junto con las innovaciones metodológicas, arquitectónicas y tecnológicas para lograr soluciones habitacionales sustentables y ajustadas a sus contextos, el cuidado del ambiente y modelos-guía para replicar las acciones y los productos alcanzados.

[16] FAU-SECyT, UNT; CONICET - MinCyT. Tucumán. Profesora Adjunta de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II del Instituto de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán. Directora Proyecto Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Secretaría de Ciencia y Técnica. Directora Proyectos CONICET y MinCyT. Directora de Proyecto de Voluntariado, Secretaría de Extensión, Universidad Nacional de Tucumán. Miembro red EPSTU-CYTED

Todo ello, teniendo en cuenta el aprovechamiento de las capacidades de cada sitio, motivando el compromiso de los actores involucrados a través de articulaciones intersectoriales e interinstitucionales.
Sobre esta base, a partir de la convicción de los efectos -sociales, ambientales, sanitarios, económicos, etc.- que derivan de las condiciones habitacionales, estas Experiencias tienen como objetivos generales:

- Diseñar, Aplicar y Evaluar un modelo de Investigación Acción Participativa para el desarrollo del proyecto, según los contextos cultural y natural en consideración y con el fin de mejorar la calidad de vida de comunidades de sectores de interés social.
- Desarrollar, Evaluar, Transferir y Aplicar Sistemas Tecnológicos y Tipos Arquitectónicos y Urbanísticos, apropiados y apropiables, con uso racional y no convencional de la energía,

Por otro lado, el trabajo tiene como antecedentes y se sostiene en las herramientas y las estrategias y propuestas diseñadas, transferidas y desarrolladas por los equipos de trabajo dirigidos y que se dirigen.

MARCO METODOLOGICO

Estas Experiencias exponen un *proceso alternativo como práctica de producción de conocimientos que busca la transformación social desde el protagonismo activo y la propia acción de los actores involucrados*. La metodología usada es la "Investigación - Acción Participativa" (IAP), "*no como método único o unificado*, formalmente constituido por un conjunto lógicamente estructurado (sistemático) de orientaciones, actividades y procedimientos, pero sí como una práctica social de producción de conocimientos que busca la transformación social vista como totalidad y que se produce en la propia acción y contribuye a ella" (Pinto, Joao Bosco. 1987, [1]) "con el objeto de mejorar la racionalidad y la justicia de sus prácticas sociales" (Kemmis, S.; Mc Taggart, R. 1988, [2]).

Se plantea como "alternativa para el *encuentro entre teoría y práctica"* (*Figura 1*) ya que pretende la "utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos" con el propósito de proporcionar un aporte a la problemática habitacional y ambiental, -en relación a sus déficit cualitativo y cuantitativo- que experimentan los sectores de menores recursos y de promover procesos de autogestión y desarrollo sostenido de sus poblaciones.

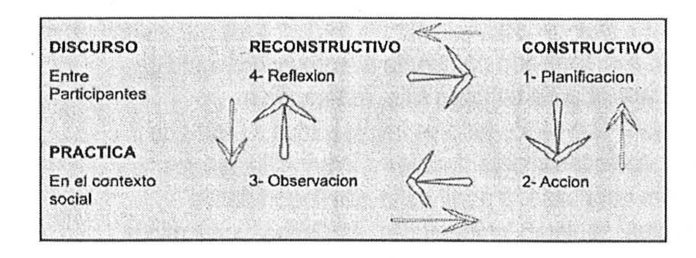


Figura 1: Investigación - Acción Participativa.

Tiene un carácter *experimental*, pues se desarrollan "acciones" y "modelos" -tecnológicos, arquitectónico, urbanísticos, organizativos, socio-pedagógicos, etc.- para analizar sus posibles "efectos" y "contribuciones" y como "herramientas demostrativas" que conlleven al mejoramiento del hábitat.
Los momentos de análisis, síntesis y evaluación se dan a paralelo durante todo el proceso.
El monitoreo de las acciones realizadas y de los conocimientos y productos alcanzados se plantean en forma permanente para retroalimentar lo realizado. (*Figura 2*).
La Difusión y Transferencia de lo realizado se realizan en forma continua

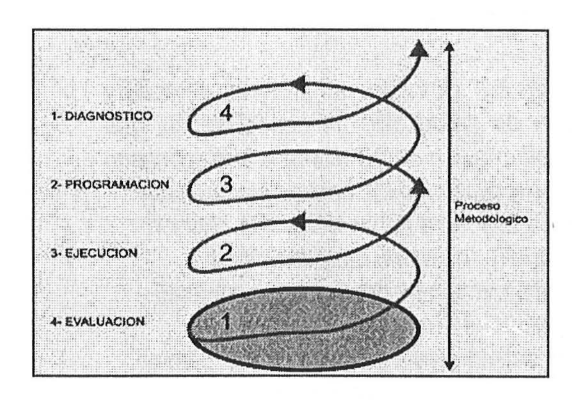


Figura 2: Proceso Metodológico.

Para alcanzar las acciones y objetivos, se sustentan sobre los siguientes ejes básicos:

1. la consideración de las condicionantes del "sitio";
2. la adecuación de los ambientes interior y exterior según sus destinatarios, función, salubridad, etc.;
3. el uso de energías alternativas, como la solar y la utilización eficiente y racional de las energías convencionales;
4. el aprovechamiento y uso racional de los recursos naturales a destinar;
5. el aprovechamiento y control del uso de materiales locales a emplear y reutilizar;
6. el control racional de los recursos económicos involucrados;
7. la autogestión asistida como instrumento para el cambio;
8. el taller de capacitación y formación para desarrollar recursos humanos comprometidos con la realidad social y ecológica actual y como efecto multiplicador.

Se utiliza el trabajo conjunto entre Comunidad, Estado, Universidad e Instituciones Científico-Tecnológicas en las diferentes etapas de los distintos "proyectos" y como herramienta para generación, gestión, experimentación, demostración, evaluación, aplicación y apropiación de lo generado.
Esto se realiza sobre la base que la compresión de la compleja problemática del Hábitat Popular requiere su consideración desde una perspectiva en la que converjan los distintos aspectos que intervienen en su definición, la cual "incluye aspectos culturales, de diseño, socio-organizativos, económico-financieros, constructivos, jurídico-legales, psicológicos, éticos, naturales, etc.", para lograr respuestas integradoras a la misma y desde un enfoque complementario del problema.
De este modo, las experiencias permiten la "articulación entre Docencia, Investigación y Extensión".

AREA GEOGRÁFICA ABORDADA

El área de trabajo corresponde a zonas de las Provincias de Tucumán, Formosa, Santiago del Estero y Jujuy.

Se hallan ubicadas, según la Norma IRAM, en las Zonas Bioambientales I, II, III y IV. (*Figura 3*).

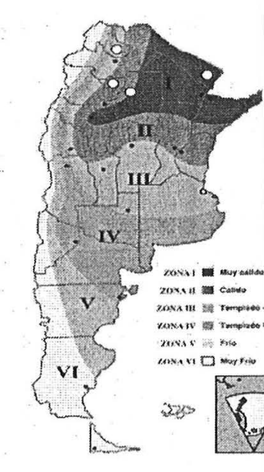


Figura 3: Ubicación geográfica y Clasificación bioambiental.

RESULTADOS ALCANZADOS

1. **Simulación para el análisis y valoración del asoleamiento y Evaluación y/o diseño de disposiciones arquitectónicas y urbanísticas de conjuntos habitacionales (Garzón, B.; Mendonça, C.; Manson, J.).**

El trabajo tiene como objetivo: a) determinar el análisis y la comparación del potencial solar de conjuntos de viviendas unifamiliares, b) comprobar el potencial que poseen dos programas computacionales (SketchUp, ECOTECH) de uso frecuente para evaluar

el asoleamiento tanto de los edificios como de sus agrupamientos, en general, durante períodos de tiempo y establecer la compatibilidad entre estos programas a los fines prácticos, sus similitudes y diferencias (*Figuras 4 y 5)* considerando la accesibilidad a estos programas, confiabilidad, comprensión y manejo, visualización, flexibilidad, dominio de los modelos, aplicaciones disponibles y alcances de los mismos, c) contrastar los resultados obtenidos del análisis mediante estos programas con las simulaciones realizadas en maquetas tangibles a través de un método tradicional mediante el uso de un simulador tangible de la trayectoria solar (*Heliodón)* para evaluar sombras arrojadas a distintas horas del día y a diferentes latitudes (*Figura 6)*.

El trabajo permitió: a) determinar las principales ventajas y desventajas de cada herramienta y metodología para la elección y adopción de las mismas durante la etapa de diseño de edificios según las necesidades particulares, b) establecer semejanzas y particularidades de los distintos conjuntos habitacionales en relación a su aprovechamiento y control solar.

Las zonas de intervención corresponden a las Provincias de Tucumán, Formosa y Santiago del Estero.

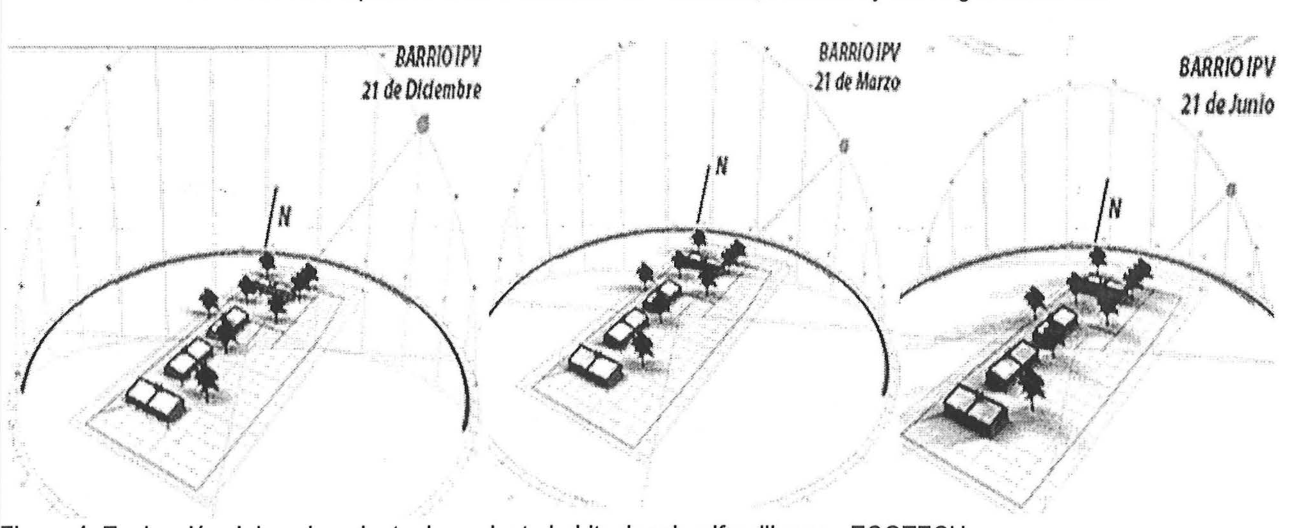
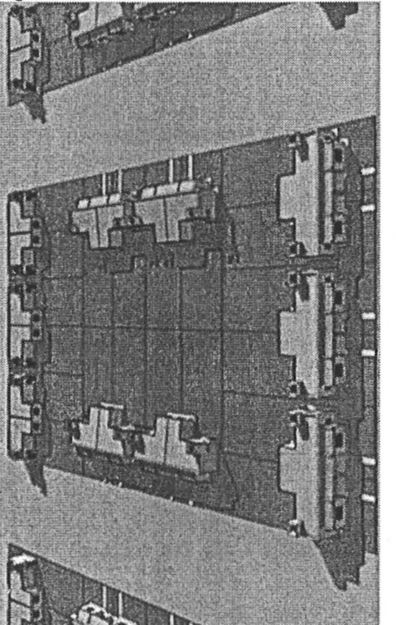


Figura 4: Evaluación del asoleamiento de conjunto habitacional unifamiliar con ECOTECH.



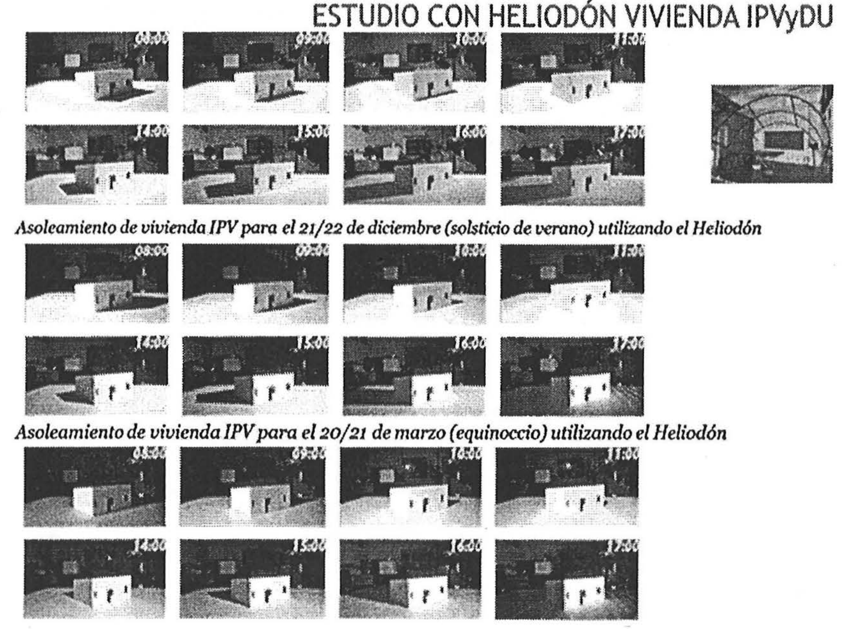


Figura 5 Asoleamiento con Sketch Up y Figura 6 Evaluacion del asoleamiento de conjunto habitacional unifamiliar con Heliodon.

2. Diseño y construcción cogestionarios de viviendas rurales bioambientales de interés social (Garzón, B.; Mendonça, C.).

La experiencia desarrollada tiene por objetivo de brindar respuestas mediante la autogestión asistida a la adecuación bioambiental del hábitat doméstico rural de interés social.
Las acciones realizadas fueron: Abordaje Comunitario, Difusión del Proyecto, Diagnóstico Participativo, Organización y Planificación Estratégica de los Actores Involucrados, Determinación de Estrategias Bioclimáticas, Diseño Participativo de estrategias y disposiciones arquitectónicas de 3 tipos de vivienda unifamiliar y de sistemas pasivos para el acondicionamiento térmico (muro Trombe, ganancia solar directa, acumulación de calor en muros exteriores e interiores) y sistemas auxiliares con uso de la energía solar y racional de la biomasa para el calentamiento de agua, cocción y horneado de alimentos, el empleo de cimientos y sobrecimientos en piedra, de la mampostería en tierra -adobe- con contrafuertes y soleras en madera y la Materialización de los mismos, Generación y Aplicación de Herramientas y Estrategias Alternativas, Talleres de Formación y Capacitación, Evaluación de las Acciones y Productos desarrollados (*Figura 7*). El Área geográfica de trabajo seleccionada corresponde a las localidades del Departamento Tafí del Valle de Tucumán.

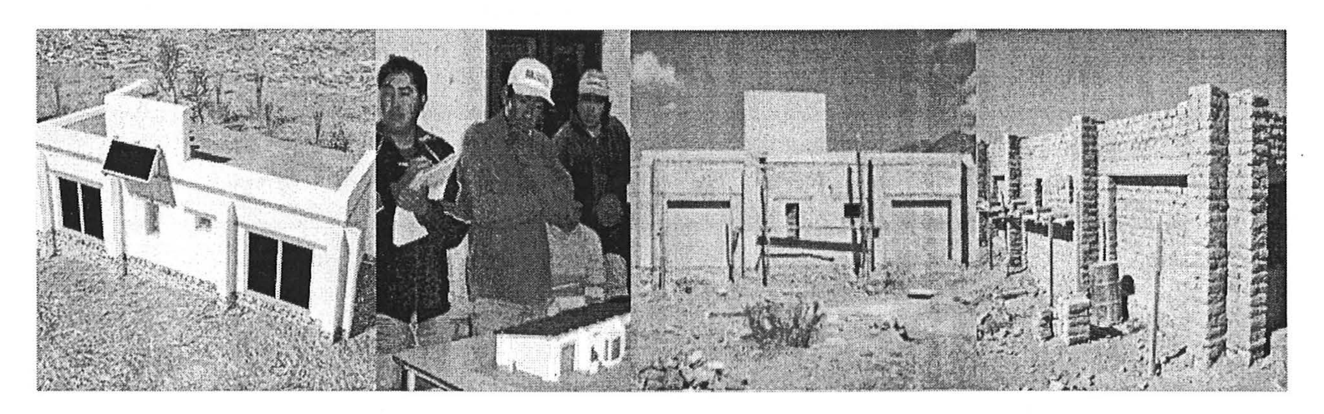


Figura 7: Vivienda Rural Bioambiental.

3. Proyecto y materialización de Modulo Sanitario-Productivo con Uso Racional y Renovable de la Energía. (Garzón, B.; Mendonça, C.: Fernández Abregú, L.; Cejas, F.).

Busca mejorar las situaciones actuales de los espacios de servicio (cocinas y baños) de establecimientos de escuelas rurales, es decir a nivel comunitario y en forma directa, sus instalaciones sanitarias y energéticas y, a través de ellos, generar emprendimientos productivos. Su objetivo general es Desarrollar, transferir y evaluar un módulo arquitectónico-productivo-sanitario, con tecnología apropiada y apropiable y uso racional y no convencional de la energía, a comunidades escolares rurales en poblaciones de escasos recursos. (Figura 8). Se desarrolla en los Departamentos de Trancas y Burruyacú de Tucumán

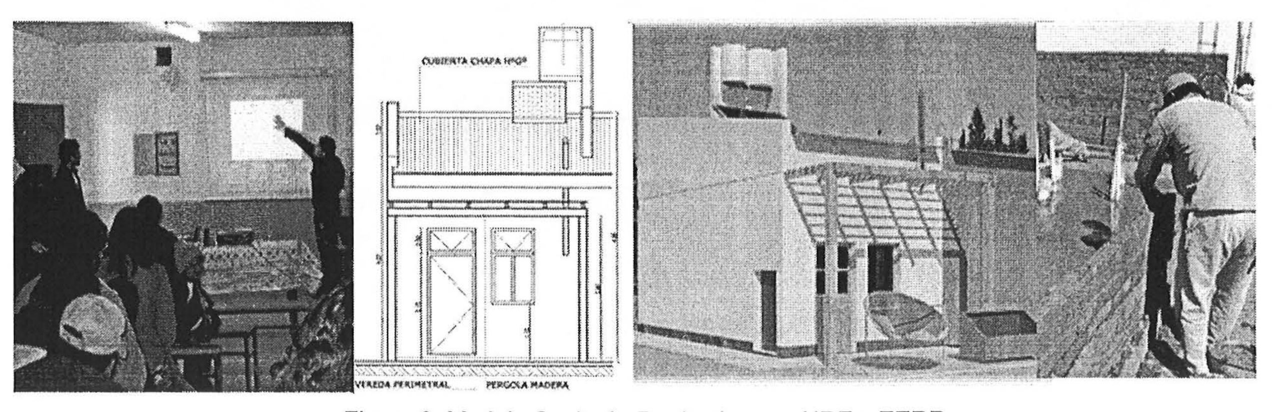


Figura 8: Modulo Sanitario-Productivo con URE y EERR.

4. **Calentamiento solar de agua. (Garzón, B.; Almirón Font, S.; Amín, L.; Cejas, F.).**

Sus objetivos son: a) Promover la calidad de vida de las comunidades mediante el desarrollo y la difusión de estrategias y dispositivos que aprovechen la energía solar; b) Demostrar su conveniencia y eficacia para el calentamiento solar de agua; c) Acercar herramientas asequibles a los requerimientos de confort, higiene y cuidado ambiental.
Las Acciones desarrolladas y Productos alcanzados se enmarcan en 5 Ejes: a) Investigación sobre el Diseño y Promoción de sistemas para el calentamiento solar de agua; b) Desarrollo de 2 Modelos Didácticos a escala; c) Diseño, construcción, experimentación e instalación de sistemas de calentamiento solar de agua en escala real mediante el empleo de materiales corrientes y económicos y técnicas de fabricación sencillas; d) Evaluación y Monitoreo de lo realizado; e) Transferencia. (*Figura 9*).
Las acciones se han desarrollado en escuelas, centros comunitarios, comunas e intendencias y con grupos de familias de las Provincias de Tucumán, Santiago del Estero y Jujuy

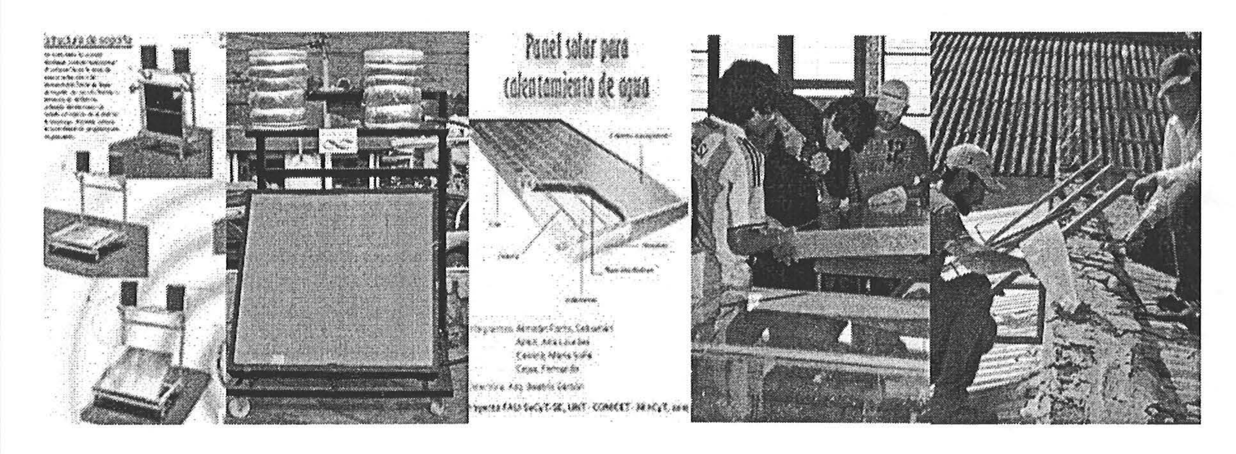
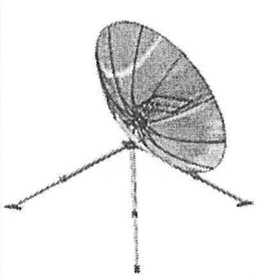


Figura 9: Estrategias, herramientas y sistemas para promover y adoptar el calentamiento solar de agua.

5. **Sistema tecnológico para la cocción solar de alimentos: Cocina solar parabólica (Garzón, B; Robledo, L.).**

Se tiene como objetivo general: Diseñar, desarrollar, experimentar y transferir prototipos para tal fin.
Las Actividades desarrolladas fueron: análisis de antecedentes, estudio de valores de radiación y medición de los mismos en las zonas geográficas de trabajo, análisis de los fundamentos físicos intervinientes para captar y aprovechar la energía solar térmica, el estudio del comportamiento energético de estos dispositivos, su funcionamiento, los materiales y componentes posibles a usar y disponibles en el medio, diseño y construcción de una cocina solar parabólica, su experimentación, evaluación de su eficiencia, elaboración de material para difusión y transferencia y sistematización de las tareas. (*Figura 10*).
El área geográfica de trabajo es la provincia de Tucumán y Santiago del Estero.



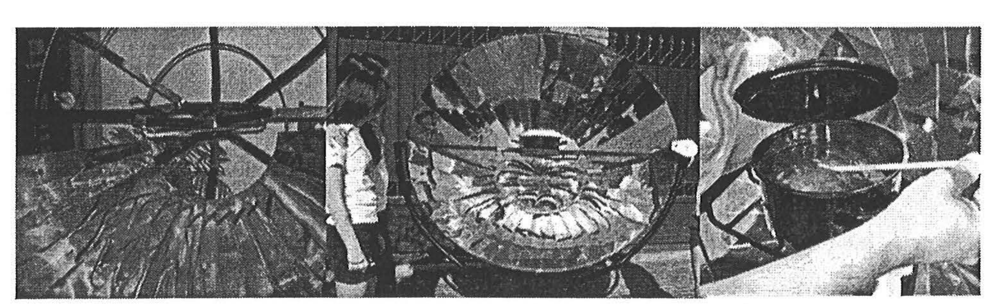


Figura 10: Cocina Solar parabólica.

6. Sistemas para el secado solar de frutos y aromáticas.

El trabajo plantea como propósito: Desarrollar Experiencias sobre Tecnologías en Tierra Cruda, con Uso Renovable de la Energía para el Secado de Frutos, persiguiendo como principal objetivo la la subsistencia familiar y la generación de emprendimientos productivos.

Los objetivos son: a) investigar sobre el proceso de secado; b) desarrollar un Prototipo Productivo como modelo demostrativo "trasladable" para mejorar los procesos de secado; c) experimentar y evaluar dicho sistema; d) difundir, apacitar y formar sobre el secado solar; e) generar y desarrollar instancias e instrumentos para estas acciones; f) incorporar técnicas y procedimientos constructivos y de secado solar sencillos

6. 1. Secadero solar con materiales disponibles. (Garzón, B., Mentel, V.; Lemir, C.; Baza, L.; Melano, X.).

Los resultados son: a) investigación sobre secado solar y la adopción de un sistema tecnológico para ello; b) experimentación del prototipo; c) transferencia de procesos y productos de la investigación.

El sistema adoptado es de fácil construcción con materiales locales y/o disponibles, traslado y replicabilidad y de bajo costo. (Figura 11).

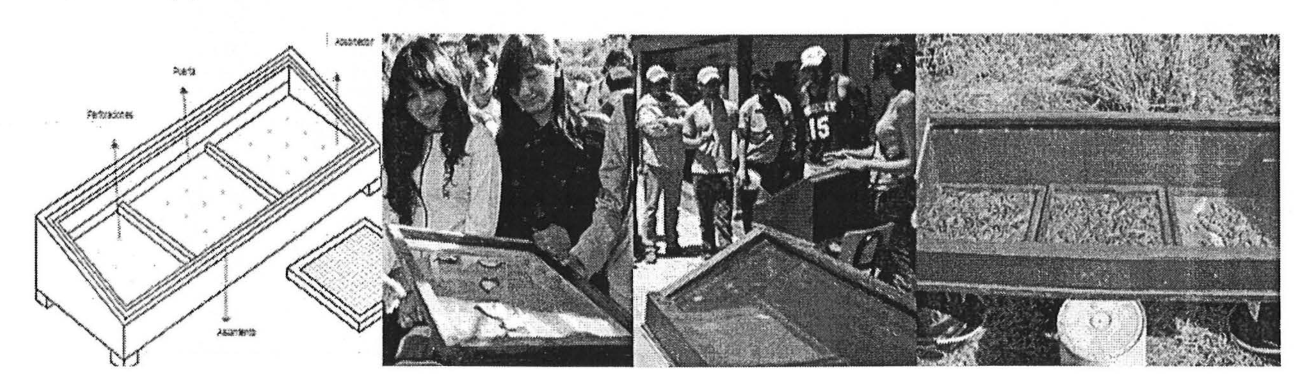


Figura 11: Secadero solar móvil.

6. 2. Secadero solar con tecnologías locales. (Garzón, B.; Heredia, M.; Torregrosa, E.; Díaz, E., Corbalán, L.).

Se plantea la materialización de un secadero solar de adobe, madera y piedra, buscando mejorar los sistemas primitivos para este fin, optimizando la eficiencia en la producción de alimentos sobre una base sustentable de aprovechamiento y la revalorización de tecnologías vernáculas de construcción y los recursos energéticos del lugar. Se busca el rescate de la construcción con recursos naturales como la tierra (adobe), madera y piedra y el uso correcto de sus técnicas y el aprovechamiento de la energía solar; también, se investiga la posibilidad de reemplazar y mejorar algunos materiales.

La construcción es simple y económica ya que no se requiere mano de obra especializada, los materiales de la cabina pueden ser reemplazados por otros más económicos dependiendo el acceso a estos que tengan cada comunidad. (*Figura 12*).

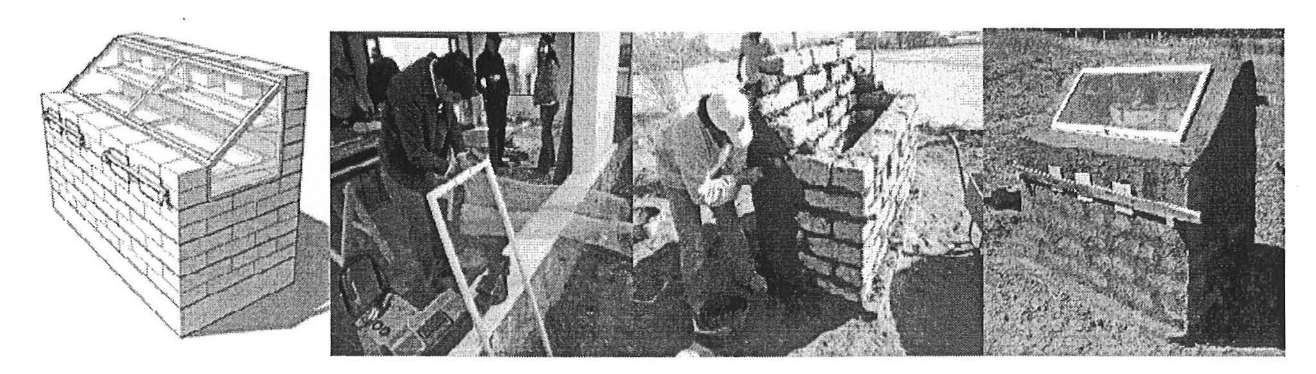


Figura 12: Vista del prototipo de secadero solar.

7. Desarrollo y Evaluación de componentes constructivos para el aprovechamiento y control de la energía solar tendiente al acondicionamiento pasivo de edificios.

Se han analizado, experimentado y aplicado mampuestos no convencionales tales como el mejoramiento de aquellos en tierra a través de su compactación (bloques de tierra comprimido -BTC-) o su estabilización mediante el uso de cemento (bloques de suelo-cemento -BSC-) y, asimismo, de otros realizados con cenizas residuales de calderas de ingenios azucareros (BE) con el objeto de mejorar no solo sus propiedades mecánicas sino también las higrotérmicas.

A tal fin, se experimentaron, difundieron y transfirieron los mismos y se verificaron dichas propiedades a través de métodos de cálculos, mediciones y ensayos "in situ" y en laboratorios de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (*Figuras 13 y 14*).
Las acciones se han llevado a cabo en Tucumán y Jujuy.

7. 1. Mampuestos de tierra comprimido (BTC) y de suelo-cemento (BSC). (Garzón, B.; Mendonça, Heredia, M.).

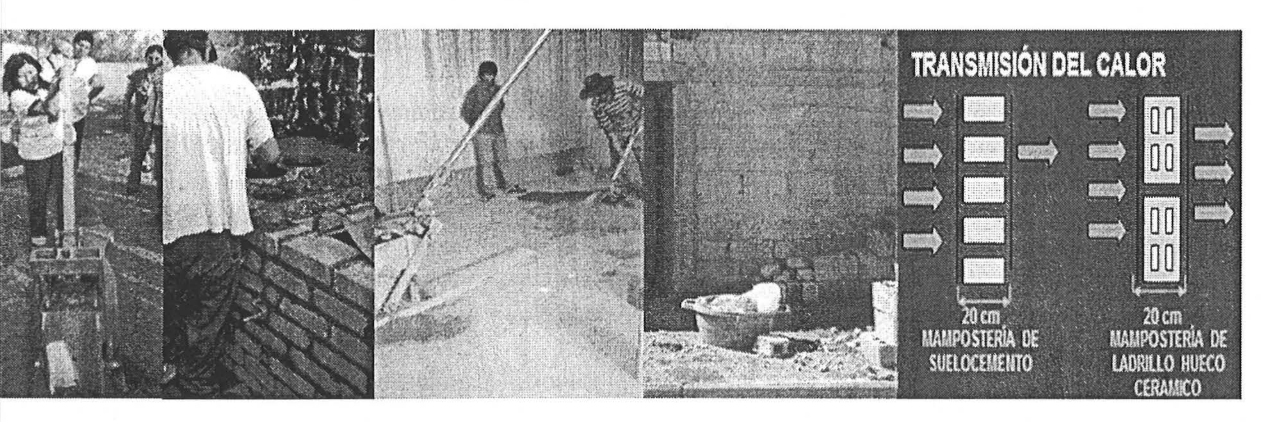


Figura 13: Tecnologías en Tierra Mejoradas.

7. 2. Mampuestos ecológicos (BE). (Garzón, B., Cazón, D.; Viera, A.).

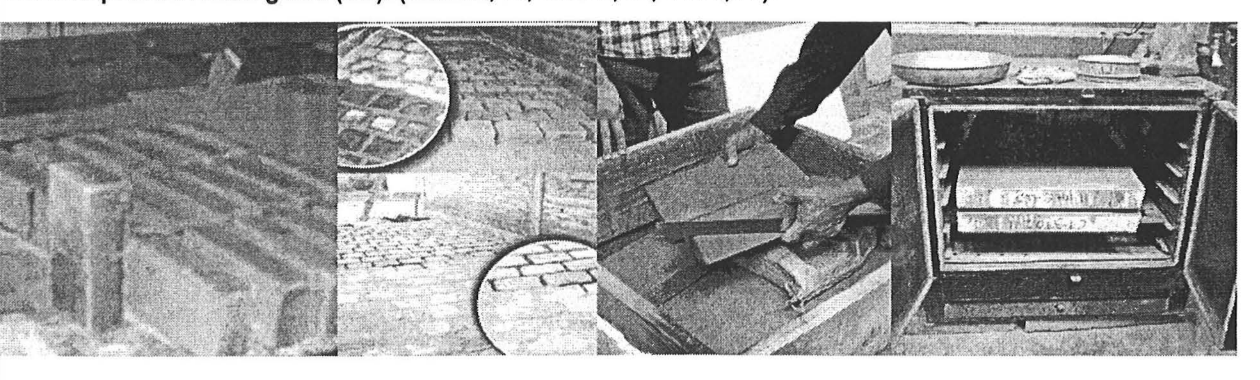


Figura 14: Tecnologías no convencionales.

CONTRIBUCIONES Y ALCANCES

Los mismos son:

1. Aporte de soluciones alternativas en el Campo del Hábitat en relación a los requerimientos ambientales, sanitarios, funcionales, tecnológicos, educativos, etc. del sector social en consideración para la elevación de su calidad de vida y su desarrollo sostenido,
2. Aprovechamiento y revalorización de recursos disponibles en cada "lugar": naturales -sol, viento, tierra, piedra-, energéticos, etc. y culturales: socio-económicos, técnicos, organizacionales, etc.

3. Difusión y adopción de estrategias, procesos, disposiciones arquitectónicos y sistemas tecnológicos,
4. Observación y comprensión de los principios y procesos bioambientales inherentes aplicados;
5. Difusión y transferencia de sus antecedentes, las razones que los fundamentan, la descripción, construcción, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas propuestos,
6. Mejoramiento de las condiciones de habitabilidad y salubridad de espacios domésticos y comunitarios,
7. Interacción de las experiencias cotidianas y de los saberes científicos-académicos y populares.
8. Fortalecimiento de un proceso sostenido de arraigo;
9. Promoción para el cuidado de la salud y la protección del ambiente.

Asimismo, han permitido evidenciar:

- el interés de los actores involucrados por participar en las iniciativas,
- la aceptación de las propuestas generadas,
- el compromiso con los procesos, actividades e intervenciones planteados y desarrollados,
- la participación y el conocimiento como medios para el cambio.

Por otro lado, han impactado favorablemente en los ambientes y actores involucrados por lo que han surgido propuestas de replicar las acciones en las mismas zonas de trabajo y en otras áreas. Además, son consideradas en las comunidades como un factor importante de transformación debido a la posibilidad de "crear bases más fuertes a las mismas y de apoyar la organización y el desarrollo local de las poblaciones" para así "generar otras instancias para el fortalecimiento comunitario y familiar" pues permitieron re-descubrir el potencial creativo personal y grupal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Pinto, Joao Bosco. 1987. "La Investigación-Acción". Universidad de Caldas, Colombia.

[2] Kemmis, S.; Mc Taggart, R. 1988. Investigación Acción Participativa.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- IRAM 1996. Norma 11603. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires.
- Garzón, B. 2004. Estrategias y Pautas Bioclimáticas para Localidades Argentinas. UNT- CONICET.
- Garzón, B. 2004. Enfoques Metodológicos y Conceptuales Básicos Alternativos para el Desarrollo del Hábitat Popular. Brasil. X Encuentro Anual de la Unión Latino-Americana de Cátedras de Vivienda.
- Garzón, B. 2007. Casas de interés Social y Adecuación Bioclimática-Energética en Argentina. Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires. NOBUKO, páginas 37 a 50.

Garzón, B. 2004. Hábitat Popular. Calidad de Vida: Teoría y Práctica. Der. de Autor. Form. Nº 72801.

'OTENCIAL DA COZINHA SOLAR EM 4EIO URBANO

'r. Celestino Ruivo[17]
ıstituto Superior de Engenharia - Universidade do
.lgarve, Campus da Penha, 8005-139 Faro;
:mail: cruivo@ualg.pt

ITRODUÇÃO

.penas uma pequeníssima parte da radiação solar mitida pelo sol é interceptada pela terra. Qualquer os modos, muitas das necessidades energéticas ssociadas à actividade humana actual poderiam ser uperadas se houvesse um aproveitamento de apenas % dessa radiação solar.

radiação solar fora da camada atmosférica é de proximadamente 1340 W m^{-2}, enquanto junto à uperfície terrestre o valor máximo é da ordem de 000 W m^{-2}. A potência associada à radiação solar ıcidente numa superfície perpendicular aos raios olares com de 2 m^2 é pois semelhante à potência dos ɔgões domésticos a gás. A cocção de alimentos ecorrendo directamente à radiação solar remonta a ım passado distante. Apesar dos trabalhos de ıvestigação e de desenvolvimento que têm vindo a er realizados sobre o aproveitamento da energia olar na destilação da água, na secagem e na cocção e alimentos, os equipamentos utilizados para estes ns, "solar-domésticos" ainda são só utilizados por um úmero muito reduzido de pessoas. Uma grande parte a população mundial está dependente da lenha para ozinhar no seu dia a dia, utilizando-o de forma ıeficiente e pondo em risco a sua própria saúde evido aos gases de combustão que inala, conforme e mostra na figura 1.



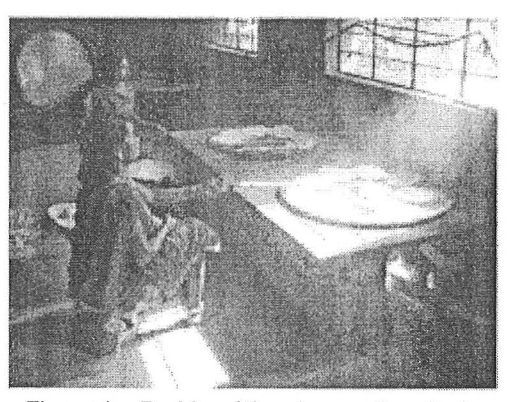


Figura 1 – Problemática da cocção a lenha

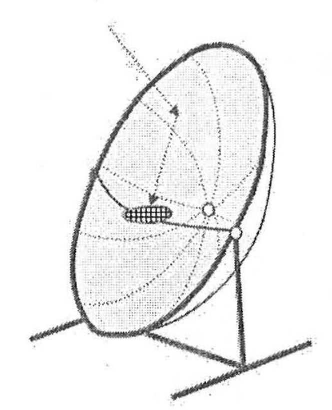
A potência proporcionada pelos raios solares, quando estes incidem directamente no recipiente, sem o recurso ao efeito de estufa e à concentração dos raios solares, não permite cozinhar os alimentos.

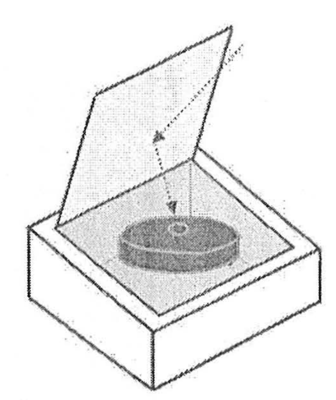
O processo de conversão da radiação solar em energia térmica com recurso à concentração, combinando ou não o efeito de estufa, é utilizado para a cocção directa dos alimentos, mas é também possível combinar a acumulação de energia térmica para depois ser possível cozinhar os alimentos em períodos de fraca radiação ou até mesmo à noite. Existem inúmeros modelos de cozinha solares utilizados em contexto doméstico, normalmente classificados como sendo do tipo parabólico, tipo caixa ou tipo painel. Contrastando com estes pequenos "solar-domésticos" é importante referir a existência, já em número significativo e crescente na Índia, de instalações de concentração solar integradas desde a pequena cantina, servindo 100 pessoas diariamente, até ao enorme complexo com capacidade de cocção de 50 000 refeições diárias.

Na figura 2 mostram-se três tipos de cozinha solar: parabólico, caixa e painel. Tratam-se de modelos que podem ser usados em contexto doméstico, num espaço com boa exposição solar durante várias horas e de preferência abrigado. Estes modelos podem ser utilizados no interior, desde que a envolvente do espaço interior em causa possua vãos envidraçados apropriados.

Nos modelos parabólicos, o recipiente de cocção é colocado na zona onde se obtém a concentração da radiação, isto é, próximo do foco. Além do recipiente dever ser escuro exteriormente, o material da sua parede deverá ser o adequado para que transmissão de calor para o interior seja feita de modo a proporcionar uma cocção dos alimentos eficaz.

[7] Docente en cursos de Termodinâmica, Transmissão de calor, Ar ondicionado, Térmica de Edifícios, Sistemas Energéticos. ıvestigaciones en Fenómenos de transferência de calor e massa, ecagem, Térmica de Edifícios, Sistemas de climatização. liembro red EPSTU-CYTED





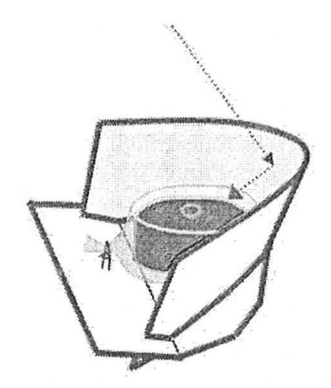


Figura 2 – Tipos de cozinha solar: a) parabólica, b) caixa e c) painel

As cozinhas solares do tipo parabólico apresentam no lado côncavo uma superfície altamente reflectora de tal modo que a elevada intensidade de radiação concentrada no seu no foco permite cozinhar tão rápido como nos fogões convencionais. No entanto, é necessário proceder à sua re-orientação cada 15 ou 20 minutos. Poderá haver o risco de causar queimaduras e ferimentos nos olhos quando se adoptam procedimentos incorrectos na sua utilização. Por outro lado, caso haja material de fácil ignição nas proximidades e a superfície parabólica não esteja devidamente arrumada ou posicionada existe a possibilidade de causar incêndio.

A cozinha solar do tipo caixa é constituída por uma caixa, com paredes isoladas termicamente e com cobertura transparente e por uma ou mais abas reflectoras. A luz solar, directa e reflectida, entra no interior da caixa através da cobertura transparente, em vidro ou em plástico, e converte-se em energia térmica ao ser absorvida pelo recipiente que contem os alimentos. A cobertura transparente permite criar dentro da caixa o efeito de estufa. Apesar da potência térmica efectivamente transmitida aos alimentos ser normalmente menor do que o valor alcançado nas cozinhas do tipo parabólico, conseguem-se resultados excelentes mesmo sem necessidade de re-orientação, durante o processo de cocção de muitos pratos, se o modelo estiver bem concebido. Possui a vantagem de se poder cozinhar grandes quantidades de alimento lentamente e de forma uniforme.

As cozinhas solares do tipo painel são de simples, fácil e rápida concepção. Tipicamente são constituídas por uma ou mais superfícies reflectoras que reflectem a luz solar incidente para o recipiente que contem os alimentos. Também neste modelo é imprescindível recorrer ao efeito de estufa. Para tal, o recipiente deve estar colocado no interior de um saco de plástico ou envolvido por peças em vidro. A utilização destes dispositivos transparentes permite a entrada fácil da radiação solar na zona de trabalho e atenuam as perdas por radiação e por convecção, conseguindo-se assim atingir valores de temperatura adequados para a cocção dos alimentos. Os recipientes recomendados devem também ter a sua superfície exterior preta para que a eficiência e a eficácia do processo sejam as melhores.

O tempo do processo de cocção solar depende de vários parâmetros. A nebulosidade é um dos parâmetros climáticos mais influentes não só no tempo mas também no sucesso ou insucesso na cocção dos alimentos. A cocção de alimentos em locais abrigados e em dias com temperatura exterior elevada é mais rápida. O uso da cozinha solar em dias muito nublados não é recomendável.

Os menores tempos de cocção obtêm-se normalmente nas cozinhas do tipo parabólico, mas o risco de a comida ficar queimada, por exemplo por distracção, é elevado. Os modelos parabólicos apresentam bom desempenho mesmo quando os recipientes não são escuros. Qualquer dos modos quando existe alguma nebulosidade ou vento forte pode ser importante utilizar um recipiente escuro e tirar partido do efeito de estufa para se conseguir um bom resultado.

As cozinhas do tipo painel são normalmente as mais lentas, mas por outro lado não exigem uma re-orientação tão frequente e o risco de a comida ficar queimada é muito reduzido. Há ainda a acrescentar que o processo de cozinhar os alimentos de forma lenta conduz à conservação das suas propriedades nutricionais e energéticas. Durante o processo de cocção ocorre um ciclo termodinâmico no interior do recipiente. O vapor formado durante o processo condensa praticamente na sua totalidade, sendo a perda de vapor e a libertação de cheiros normalmente muito baixas.

ıando as condições climatéricas não são as elhores, por exemplo em dias com nebulosidade ermitente, o sucesso da cocção solar numa cozinha lar tipo painel poderá estar comprometido. Sob ndições climatéricas instáveis, é preferível optar por na cozinha solar do tipo caixa com elevado ndimento e contendo no seu interior elementos que rmitam acumular calor, por exemplo pedras. Nos stantes em que a radiação incidente é reduzida o lor acumulado nas pedras será libertado e o ocesso de cocção continuará a ser alimentado rmicamente. A qualidade térmica da estufa, no que speita à transmissividade, à resistência térmica e à dação do elemento transparente também influencia desenrolar do processo.

tempo de cocção em qualquer um dos tipos de zinhas solares depende também da área e da forma superfície reflectora, das características rmofísicas do elemento que cria o efeito de estufa, tipo de recipiente utilizado, do tipo de prato a ser nfeccionado, da quantidade de alimentos, periência do utilizador, etc..

SO DE COZINHAS SOLARES EM MEIO RBANO

uso de cozinhas solares em meio urbano no partamento de cada família apresenta algumas ficuldades associadas à falta de espaço e também facto de em muitos casos os espaços disponíveis starem sombreados por edifícios vizinhos durante um ríodo de tempo significativo. Qualquer dos modos iso haja uma planificação adequada do meio urbano potencial da utilização da cozinha solar é enorme em staurantes e cantinas edificados em muitas cidades.

ualquer dos modos, as cozinhas solares mais mples do tipo painel ou tipo caixa são adequadas ıra fazer piqueniques em jardins das cidades. Na ıra 3 mostra-se a título de exemplo o arsenal de zinhas solares utilizado numa festa de aniversário ıra 30 crianças no Jardim da Alameda em Faro-ortugal em Agosto de 2006, tendo algumas das zinhas solares sido construídas durante a própria sta. Foram cozinhados variados pratos e o viamente o bolo de aniversário. Foi uma actividade teressante que despertou muita curiosidade nos rticipantes na festa de aniversário bem como nas essoas que visitaram o Jardim durante essa manhã. a figura 4 mostra-se um parque de merendas uipado com churrasqueiras, o que contrasta com a ensagem do placar alusiva às preocupações nbientais e de higiene que cada um deve ter.

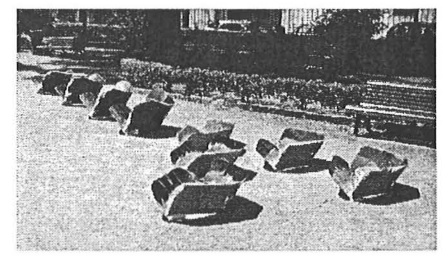
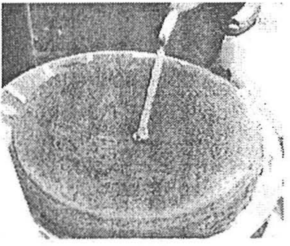



Figura 3 –Festa de aniversário:a) arsenal de cozinhas solares, b) bolo

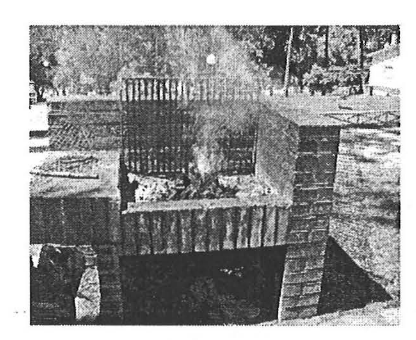



Figura 4 –Parque de merendas: a) churrasqueira a carvão, b) cozinhas solares

Na figura 5 mostra-se o exemplo da utilização de um outro arsenal de cozinhas solares na Porta do Sol em Vigo - Espanha no mês de Junho de 2008 durante a realização de um congresso ibero-americano de energia solar. O prato cozinhado foi o famoso polvo galego, o qual foi deliciosamente saboreado por um grupo de amigos participantes no congresso após o final dos trabalhos. Na figura 6 mostra o resultado de uma outra iniciativa: "assar" sardinhas na telha.

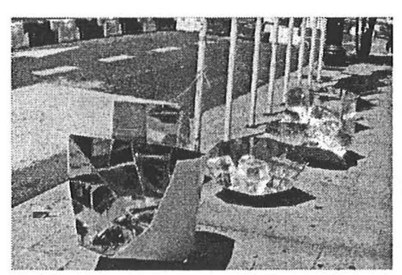
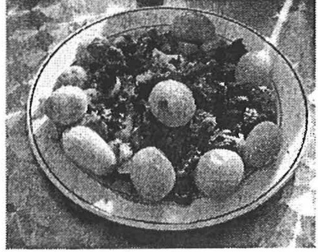
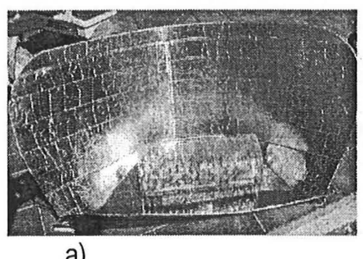



Figura 5 – Cozinhas solares na cidade de Vigo a) arsenal de cozinhas solares, b) Polvo com batata




a) b)
Figura 6 – Sardinha "assada" na telha: a) cozinha solar, b) resultado final

Na figura 7 mostra-se um modelo do tipo funil com estrutura em betão e com espelhos. Este modelo tem vindo a ser testado em contexto real já há mais de 3 anos. Foi feito um ensaio específico com 1 kg de água com vista à determinação da potência útil a partir da curva de aquecimento obtida. O valor encontrado foi aproximadamente 100 W em condições de reduzida nebulosidade e de vento fraco e com temperatura exterior próxima de 20 °C. Trata-se de um modelo que se integra optimamente em muitos parques de merendas situados em espaços verdes das cidades. O utilizador apenas terá que levar consigo os alimentos e a panela.

A figura 8 mostra o exemplo interessante de um restaurante solar com muito sucesso no Chile, onde a maior parte da comida é preparada em cozinhas do tipo caixa. A figura 9 mostra o exemplo da cozinha industrial de uma mega-cantina solar com a capacidade de cocção diária para algumas dezenas de milhar de pessoas. Trata-se de uma instalação em que a produção do vapor de água utilizado na cocção dos alimentos é obtido através da ebulição da água com recurso à energia solar concentrada nos reflectores do tipo Scheffler na maior parte do tempo.

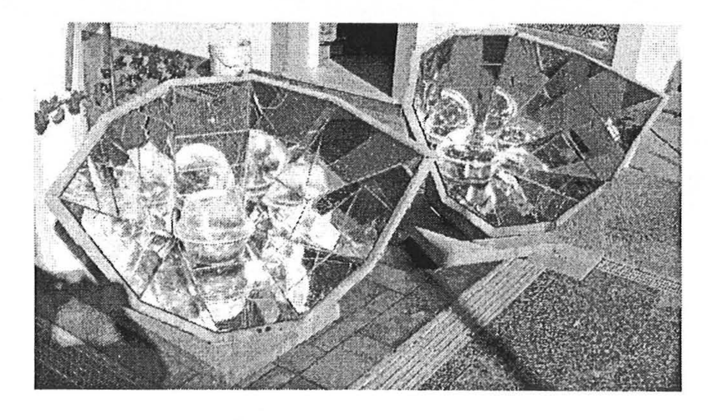


Figura 7 – Forno solar tipo funil em betão

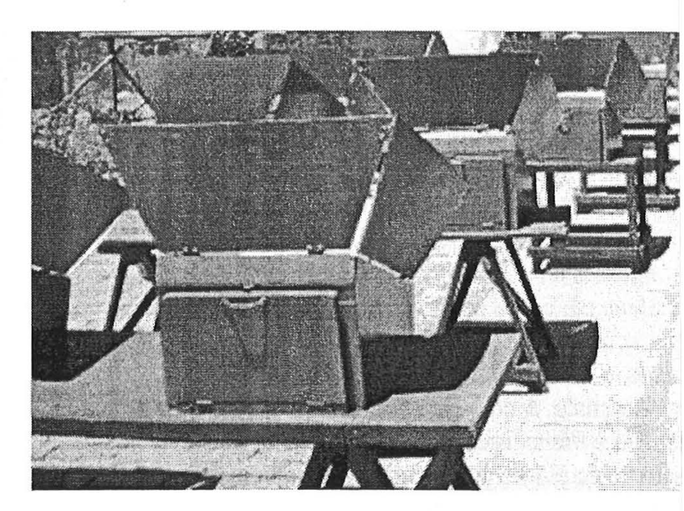


Figura 8 – Arsenal de cozinhas solares tipo caixa de um restaurante solar no Chile

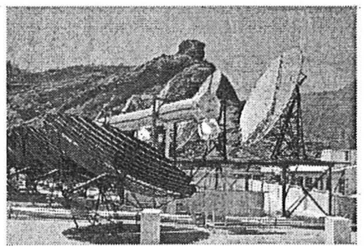
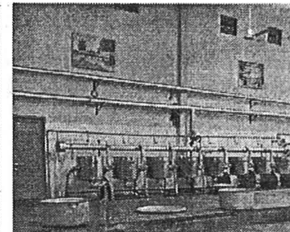



Figura 9 – Cantina solar

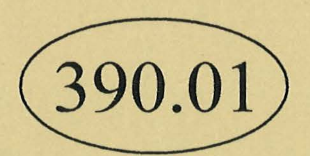
CONCLUSÕES

A utilização efectiva dos recursos e das fontes de energia renováveis exige que conheçamos os recursos disponíveis associados ao vento, ao sol, à água e à vegetação e que estejamos dispostos a alterar muitos dos nossos hábitos na vida quotidiana. Apesar de não ser uma tarefa fácil, urge que cada um de nós tenha uma atitude responsável relativamente à utilização dos recursos. A disseminação efectiva das cozinhas solares pode dar um contributo interessante no sentido de se tornar uma prática real com os consequentes impactos positivos resultantes da redução do consumo de gás, electricidade e de lenha. A utilização das cozinhas solar em muitas regiões do globo contribui positivamente para a preservação da massa vegetal devido à redução significativa da colheita de lenha por muitos milhões de pessoas, o que tem um impacto ambiental e social notável nas comunidades que utilizam a cozinha solar.

NOTAS

NOTAS

CUADERNO



Cuadernos.ijh@gmail.com
info@mairea-libros.com

